

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE.

TRAITÉ
ÉLÉMENTAIRE
DE CHIMIE,

Présenté dans un ordre nouveau, et d'après les découvertes modernes;

Avec Figures:

Par LAVOISIER, des ci-devant Académie des Sciences et Société royale de Médecine; des Sociétés d'Agriculture de Paris et d'Orléans, de la Société royale de Londres, de l'Institut de Bologne, de la Société Helvétique de Basle, de celles de Philadelphie, Harlem, Manchester, Padoue, etc.

TROISIÈME EDITION, corrigée et augmentée de plusieurs Mémoires nouveaux.

TOME SECOND.



A PARIS,

Chez DETERVILLE, Libraire, rue du Battoir, n°. 16, quartier de l'Odéon.

AN IX. — 1801.



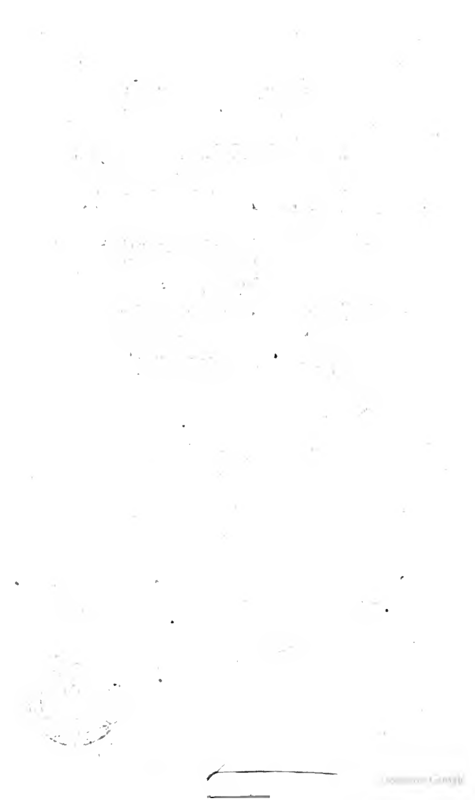


TABLE DES CHAPITRES

DU TOME SECOND.

SUITE DE LA TROISIÈME PARTIE.

Description des appareils et des opérations manuelles de la chimie.

FIN DE LA TABLE DES CHAPITRES.


TRAITÉ

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE.

SUITE DE LA TROISIEME PARTIE.

CHAPITRE III.

Des Appareils relatifs à la mesure du Calorique.

Description du Calorimètre.

L'APPAREIL dont je vais essayer de donner une idée a été décrit dans un Mémoire que nous avons publié, M. de la Place et moi, dans le Recueil de l'Académie, année 1780, page 355. C'est de ce Mémoire que sera extrait tout ce que contient cet article.

Si après avoir refroidi un corps quelconque à zéro du thermomètre, on l'expose dans une atmosphère dont la température soit de 25 de-

grés au-dessus du terme de la congélation s'échauffera insensiblement depuis sa surface jusqu'à son centre, et se rapprochera peu à peu de la température de 25 degrés, qui est celle du fluide environnant.

Il n'en sera pas de même d'une masse de glace qu'on auroit placée dans la même atmosphère : elle ne se rapprochera nullement de la température de l'air ambiant, mais elle restera constamment à zéro de température, c'est-à-dire, à la glace fondante, et ce, jusqu'à ce que le dernier atôme de glace soit fondu.

La raison de ce phénomène est facile à concevoir : il faut pour fondre de la glace, et pour la convertir en eau, qu'il s'y combine une certaine proportion de calorique. En conséquence, tout le calorique des corps environnans s'arrête à la surface de la glace où il est employé à la fondre : cette première couche fondue, la nouvelle quantité de calorique qui survient en fond une seconde, et elle se combine également avec elle pour la convertir en eau, et ainsi successivement de surfaces en surfaces, jusqu'au dernier atôme de glace qui sera encore à zéro du thermomètre, parce que le calorique n'aura pas encore pu y pénétrer.

Que l'on imagine d'après cela une sphère de glace creuse, à la température de zéro de-

gré du thermomètre; que l'on place cette sphère de glace dans une atmosphère, dont la température soit, par exemple, de 10 degrés au-dessus de la congélation, et qu'on place dans son intérieur un corps échauffé d'un nombre de degrés quelconques : il suit de ce qu'on vient d'exposer deux conséquences; 1°. que la chaleur extérieure ne pénétrera pas dans l'intérieur de la sphère; 2°. que la chaleur d'un corps placé dans son intérieur ne se perdra pas non plus au-dehors; mais qu'elle s'arrêtera à la surface intérieure de la cavité, où elle sera continuellement employée à fondre de nouvelles couches de glace, jusqu'à ce que la température du corps soit parvenue à zéro du thermomètre.

Si on recueille avec soin l'eau qui se sera formée dans l'intérieur de la sphère de glace, lorsque la température du corps placé dans son intérieur sera parvenue à zéro du thermomètre, son poids sera exactement proportionnel à la quantité de calorique que ce corps aura perdue, en passant de sa température primitive à celle de la glace fondante; car il est clair qu'une quantité double de calorique doit fondre une quantité double de glace; en sorte que la quantité de glace fondue est une mesure très-précise de la quantité de calorique employée à produire cet effet.

A 2

On n'a considéré ce qui se passoit dans une sphère de glace que pour mieux faire entendre la méthode que nous avons employée dans ce genre d'expériences, dont la première idée appartient à M. de la Place. Il seroit difficile de se procurer de semblables sphères, et elles auroient beaucoup d'inconvéniens dans la pratique; mais nous y avons suppléé au moyen de l'appareil suivant, auquel je donnerai le nom de calorimètre. Je conviens que c'est s'exposer à une critique, jusqu'à un certain point fondée, que de réunir ainsi deux dénominations, l'une dérivée du latin, l'autre dérivée du grec; mais j'ai cru qu'en matière de science on pouvoit se permettre moins de pureté dans le langage, pour obtenir plus de clarté dans les idées; et en effet je n'aurois pu employer un mot composé entièrement tiré du grec, sans trop me rapprocher du nom d'autres instrumens connus, et qui ont un usage et un but tout différent.

La figure première de la planche VI représente le calorimètre vu en perspective. La figure 2 de la même planche représente sa coupe horizontale, et la figure 3 une coupe verticale qui laisse voir tout son intérieur. Sa capacité est divisée en trois parties; pour mieux me faire entendre, je les distinguerai par les noms de *capacité intérieure*, *capacité moyenne*, et *capacité exté-*

rieure. La capacité intérieure *ffff, fig. 3, pl. VI*, est formée d'un grillage de fil de fer, soutenu par quelques montans du même métal ; c'est dans cette capacité que l'on place les corps soumis à l'expérience : sa partie supérieure LM se ferme au moyen d'un couvercle GH représenté séparément, *figure 4*. Il est entièrement ouvert pardessus, et le dessous est formé d'un grillage de fil de fer.

La capacité moyenne *bbbbb, figures 2 et 3*, est destinée à contenir la glace qui doit environner la capacité intérieure, et que doit fondre le calorique du corps mis en expérience : cette glace est supportée et retenue par une grille *mm* sous laquelle est un tamis *nn* ; l'un et l'autre sont représentés séparément, *figures 5 et 6*. A mesure que la glace est fondue par le calorique qui se dégage du corps placé dans la capacité intérieure, l'eau coule à travers la grille et le tamis ; elle tombe ensuite le long du cône *ccd, figure 3*, et du tuyau *xy*, et se rassemble dans le vase F, *figure 1*, placé au-dessous de la machine ; *u* est un robinet au moyen duquel on peut arrêter à volonté l'écoulement de l'eau intérieure. Enfin la capacité extérieure *aaaaa, fig. 2 et 3*, est destinée à recevoir la glace qui doit arrêter l'effet de la chaleur de l'air extérieur et des corps environnans : l'eau que produit la

fonte de cette glace, coule le long du tuyau *s* T, que l'on peut ouvrir ou fermer au moyen du robinet *r*. Toute la machine est recouverte par le couvercle FF, *fig. 7*, entièrement ouvert dans sa partie supérieure, et fermé dans sa partie inférieure; elle est composée de fer-blanc peint à l'huile, pour le garantir de la rouille.

Pour mettre le calorimètre en expérience, on remplit de glace pilée la capacité moyenne *bbbbb*, et le couvercle GH de la capacité intérieure, la capacité extérieure *aaaa*, et le couvercle FF, *fig. 7*, de toute la machine. On la presse fortement pour qu'il ne reste point de parties vides, puis on laisse égoutter la glace intérieure; après quoi on ouvre la machine pour y placer le corps que l'on veut mettre en expérience, et on la referme sur-le-champ. On attend que le corps soit entièrement refroidi, et que la glace qui a fondu soit suffisamment égouttée; ensuite on pèse l'eau qui s'est rassemblée dans le vase F, *fig. 1* : son poids est une mesure exacte de la quantité de calorique dégagée du corps pendant qu'il s'est refroidi; car il est visible que ce corps est dans la même position qu'au centre de la sphère dont nous venons de parler, puisque tout le calorique qui s'en dégage est arrêté par la glace intérieure, et que cette glace est garantie de l'impression de toute autre

chaleur, par la glace renfermée dans le couvercle et dans la capacité extérieure.

Les expériences de ce genre durent quinze, dix-huit et vingt heures ; quelquefois, pour les accélérer, on place de la glace bien égouttée dans la capacité intérieure, et on en couvre les corps que l'on veut refroidir.

La figure 8 représente un seau de tôle destiné à recevoir les corps sur lesquels on veut opérer ; il est garni d'un couvercle percé dans son milieu, et fermé avec un bouchon de liége, traversé par le tube d'un petit thermomètre.

La figure 9 de la même planche représente un matras de verre dont le bouchon est également traversé par le tube d'un petit thermomètre, dont la boule et une partie du tube plonge dans la liqueur ; il faut se servir de semblables matras toutes les fois que l'on opère sur les acides, et en général sur les substances qui peuvent avoir quelque action sur les métaux.

R S, figure 10, est un petit cylindre creux que l'on place au fond de la capacité intérieure pour soutenir les matras.

Il est essentiel que, dans cette machine, il n'y ait aucune communication entre la capacité moyenne et la capacité extérieure ; ce que l'on éprouvera facilement en remplissant d'eau la capacité extérieure. S'il existoit une communi-

A 4

cation entre ces capacités, la glace fondue par l'atmosphère dont la chaleur agit sur l'enveloppe de la capacité extérieure, pourroit passer dans la capacité moyenne, et alors l'eau qui s'écouleroit de cette dernière capacité, ne seroit plus la mesure du calorique perdu par le corps mis en expérience.

Lorsque la température de l'atmosphère n'est que de quelques degrés au-dessus de zéro, sa chaleur ne peut parvenir que très-difficilement jusque dans la capacité moyenne, puisqu'elle est arrêtée par la glace du couvercle et de la capacité extérieure; mais si la température extérieure étoit au-dessous de zéro, l'atmosphère pourroit refroidir la glace intérieure; il est donc essentiel d'opérer dans une atmosphère dont la température ne soit pas au-dessous de zéro: ainsi dans un tems de gelée, il faudra renfermer la machine dans un appartement dont on aura soin d'échauffer l'intérieur. Il est encore nécessaire que la glace dont on fait usage, ne soit pas au-dessous de zéro; si elle étoit dans ce cas, il faudroit la piler, l'étendre par couches fort minces, et la tenir ainsi pendant quelque tems dans un lieu dont la température fût au-dessus de zéro.

La glace intérieure retient toujours une petite quantité d'eau qui adhère à sa surface, et

l'on pourroit croire que cette eau doit entrer dans le résultat des expériences : mais il faut observer qu'au commencement de chaque expérience, la glace est déjà imbibée de toute la quantité d'eau qu'elle peut ainsi retenir; en sorte que si une petite partie de la glace fondue par le corps, reste adhérente à la glace intérieure, la même quantité, à très-peu près, d'eau primitivement adhérente à la surface de la glace, doit s'en détacher et couler dans le vase : car la surface de la glace intérieure change extrêmement peu dans l'expérience.

Quelques précautions que nous ayons prises, il nous a été impossible d'empêcher l'air extérieur de pénétrer dans la capacité intérieure, lorsque la température étoit à 9 ou 10 degrés au-dessus de la congélation. L'air renfermé dans cette capacité étant alors spécifiquement plus pesant que l'air extérieur, il s'écoule par le tuyau *xy*, *fig. 3*, et il est remplacé par l'air extérieur qui entre dans le calorimètre, et qui dépose une partie de son calorique sur la glace intérieure; il s'établit ainsi dans la machine un courant d'air d'autant plus rapide, que la température extérieure est plus élevée, ce qui fond continuellement une portion de la glace intérieure; on peut arrêter en grande partie l'effet de ce courant, en fermant le robinet; mais il vaut

beaucoup mieux n'opérer que lorsque la température extérieure ne surpasse pas 3 ou 4 degrés; car nous avons observé qu'alors la fonte de la glace intérieure, occasionnée par l'atmosphère, est insensible, en sorteque nous pouvons à cette température, répondre de l'exactitude de nos expériences sur les chaleurs spécifiques des corps, à un quarantième près.

Nous avons fait construire deux machines pareilles à celle que je viens de décrire; l'une d'elles est destinée aux expériences dans lesquelles il n'est pas nécessaire de renouveler l'air intérieur; l'autre machine sert aux expériences dans lesquelles le renouvellement de l'air est indispensable, telles que celles de la combustion et de la respiration : cette seconde machine ne diffère de la première, qu'en ce que les deux couvercles sont percés de deux trous à travers lesquels passent deux petits tuyaux qui servent de communication entre l'air intérieur et l'air extérieur; on peut par leur moyen souffler de l'air atmosphérique dans l'intérieur du calorimètre pour y entretenir des combustions.

Rien n'est plus simple avec cet instrument que de déterminer les phénomènes qui ont lieu dans les opérations où il y a dégagement, ou même absorption de calorique. Veut-on, par exemple, connoître ce qui se dégage de calo-

rique d'un corps solide, lorsqu'il se refroidit d'un certain nombre de degrés? On élève sa température à 80 degrés, par exemple, puis on le place dans la capacité intérieure *ffff* du calorimètre, *figures 2 et 3, planche VI,* et on l'y laisse assez long-temps pour être assuré que sa température est revenue à zéro du thermomètre : on recueille l'eau qui a été produite par la fonte de la glace, pendant son refroidissement; cette quantité d'eau divisée par le produit de la masse du corps et du nombre de degrés dont sa température primitive étoit au-dessus de zéro, sera proportionnelle à ce que les physiciens anglais ont nommé *chaleur spécifique.*

Quant aux fluides, on les renferme dans des vases de matière quelconque, dont on a préalablement déterminé la chaleur spécifique : on opère ensuite de la même manière que, pour les solides, en observant seulement de déduire de la quantité totale d'eau qui a coulé, celle due au refroidissement du vase qui contenoit le fluide.

Veut-on connoître la quantité de calorique qui se dégage de la combinaison de plusieurs substances? on les amènera toutes à la température zéro, en les tenant un tems suffisant dans de la glace pilée; ensuite on en fera le

mélange dans l'intérieur du calorimètre, dans un vase également à zéro, et on aura soin de les y conserver jusqu'à ce qu'elles soient revenues à la température zéro; la quantité d'eau recueillie sera la mesure du calorique qui se sera dégagé par l'effet de la combinaison.

La détermination des quantités de calorique qui se dégagent dans les combustions et dans la respiration des animaux, n'offre pas plus de difficulté: on brûle les corps combustibles dans la capacité intérieure du calorimètre; on y laisse respirer des animaux tels que des cochons d'inde qui résistent assez bien au froid, et on recueille l'eau qui coule: mais comme le renouvellement de l'air est indispensable dans ce genre d'opérations, il est nécessaire de faire arriver continuellement de nouvel air dans l'intérieur du calorimètre par un petit tuyau destiné à cet objet, et de le faire ressortir par un autre tuyau: mais pour que l'introduction de cet air ne cause aucune erreur dans les résultats, on fait passer le tuyau qui doit l'amener à travers de la glace pilée, afin qu'il arrive dans le calorimètre, à la température zéro. Le tuyau de sortie de l'air doit également traverser de la glace pilée, mais cette dernière portion de glace doit être comprise dans l'intérieur de la capacité *ffff* du calorimètre, et l'eau qui en

découle doit faire partie de celle que l'on recueille, parce que le calorique que contenoit l'air avant de sortir, fait partie du produit de l'expérience.

La recherche de la quantité de calorique spécifique contenue dans les différens gaz, est un peu plus difficile, à cause de leur peu de densité ; car si on se contentoit de les renfermer dans des vases comme les autres fluides, la quantité de glace fondue seroit si peu considérable, que le résultat de l'expérience seroit au moins très-incertain. Nous avons employé pour ce genre d'expériences deux espèces de serpentins ou tuyaux métalliques roulés en spirales. Le premier, contenu dans un vase rempli d'eau bouillante, servoit à échauffer l'air avant qu'il parvînt au calorimètre; le second étoit renfermé dans la capacité intérieure *ffff* de cet instrument. Un thermomètre adapté à une des extrémités de ce dernier serpentin, indiquoit la chaleur de l'air ou du gaz qui entroit dans la machine ; un thermomètre adapté à l'autre extrémité du même serpentin, indiquoit la chaleur du gaz ou de l'air à sa sortie. Nous avons été ainsi à portée de déterminer ce qu'une masse quelconque de différens airs ou gaz fondoit de glace en se refroidissant d'un certain nombre de degrés, et d'en déterminer le calorique spéci-

fique. Le même procédé, avec quelques précautions particulières, peut être employé pour connoître la quantité de calorique qui se dégage dans la condensation des vapeurs de différens liquides.

Les différentes expériences que l'on peut faire avec le calorimètre, ne conduisent point à des résultats absolus; elles ne donnent que des quantités relatives: il étoit donc question de choisir une unité qui pût former le premier degré d'une échelle avec laquelle on pût exprimer tous les autres résultats. La quantité de calorique nécessaire pour fondre une livre de glace, nous a fourni cette unité: or, pour fondre une livre de glace, il faut une livre d'eau élevée à 60 degrés du thermomètre à mercure divisé en 80 parties, de la glace à l'eau bouillante; la quantité de calorique qu'exprime notre unité, est donc celle nécessaire pour élever l'eau de zéro à 60 degrés.

Cette unité déterminée, il n'est plus question que d'exprimer en valeurs analogues les quantités de calorique qui se dégagent des différens corps, en se refroidissant, d'un certain nombre de degrés; et voici le calcul simple par le moyen duquel on y parvient: je l'applique à une de nos premières expériences.

Nous avons pris des morceaux de tôle coupés par bandes et roulés, qui pesoient en-

semble 7 livres 11 onces 2 gros 36 grains, c'est-à-dire en fractions décimales de livres, $7,^{\text{livres}}7070319$. Nous avons échauffé cette masse dans un bain d'eau bouillante, dans laquelle elle a pris environ 78 degrés de chaleur; et l'ayant tirée de l'eau prestement, nous l'avons introduite dans la capacité intérieure du calorimètre. Au bout de onze heures, lorsque l'eau produite par la fonte de la glace intérieure a été suffisamment égouttée, la quantité s'en est trouvée de 1 livre 1 once 5 gros 4 grains $= \overset{\text{livre}}{1,109795}$. Maintenant je puis dire si le calorique dégagé de la tôle par un refroidissement de 78 degrés, a fondu $\overset{\text{livre}}{1,109795}$ de glace, combien un refroidissement de 60 degrés auroit-il produit; ce qui donne $78 : 1,109795 :: 60 : x = \overset{\text{livre}}{0,85369}$. Enfin, divisant cette quantité par le nombre de livres de tôle employé, c'est-à-dire par $\overset{\text{livre}}{7,7070319}$, on aura pour la quantité de glace que pourra faire fondre une livre de tôle en se refroidissant de 60 degrés à zéro, $\overset{\text{livre}}{0,110770}$. Le même calcul s'applique à tous les corps solides.

A l'égard des fluides, tels que l'acide sulfurique, l'acide nitrique, &c. on les renferme dans un matras représenté *planche VI, fig. 9.*

Il est bouché avec un bouchon de liége traversé par un thermomètre dont la boule plonge dans la liqueur. On place ce vaisseau dans un bain d'eau bouillante; et lorsque d'après le thermomètre on juge que la liqueur est élevée à un degré de chaleur convenable, on retire le matras, et on le place dans le calorimètre. On fait le calcul comme ci-dessus, en ayant soin cependant de déduire de la quantité d'eau obtenue, celle que le vase de verre auroit seul produite, et qu'il est en conséquence nécessaire d'avoir déterminée par une expérience préalable. Je ne donne point ici le tableau des résultats que nous avons obtenus, parce qu'il n'est pas encore assez complet, et que différentes circonstances ont suspendu la suite de ce travail. Nous ne le perdons cependant pas de vue, et il n'y a point d'hiver que nous ne nous en soyons plus ou moins occupés.

CHAPITRE IV.

Des opérations purement mécaniques qui ont pour objet de diviser les corps.

§. PREMIER.

De la Trituration, de la Porphirisation, et de la Pulvérisation.

La trituration, la porphirisation et la pulvérisation ne sont, à proprement parler, que des opérations mécaniques préliminaires, dont l'objet est de diviser, de séparer les molécules des corps, et de les réduire en particules très-fines. Mais quelque loin qu'on puisse porter ces opérations, elles ne peuvent jamais résoudre un corps en ses molécules primitives et élémentaires : elles ne rompent pas même, à proprement parler, son aggrégation ; en sorte que chaque molécule après la trituration et la porphirisation, forme encore un tout semblable à la masse originaire qu'on avoit eu pour objet de diviser, à la différence des opérations vraiment chimiques, telles, par exemple, que la dissolution qui détruit l'aggrégation du corps, et écarte les

unes des autres les molécules constitutives et intégrantes qui le composent.

Toutes les fois qu'il est question de diviser des corps fragiles et cassans, on se sert pour cette opération de mortiers et de pilons, *figures 1, 2, 3, 4 et 5, planche I.* Ces mortiers sont ou de fonte de cuivre et de fer, comme celui représenté *figure 1;* ou de marbre et de granit, comme celui représenté *figure 2;* ou de bois de gayac, comme celui représenté *figure 3;* ou de verre, comme celui représenté *figure 4;* ou d'agathe, comme celui représenté *figure 5:* enfin on en fait aussi de porcelaine, comme celui représenté *figure 6.* Les pilons dont on se sert pour triturer les corps sont aussi de différentes matières. Ils sont de fer ou de cuivre forgé, comme dans la figure première; de bois, comme dans les figures 2 et 3; enfin de verre, de porcelaine ou d'agathe, suivant la nature des objets qu'on veut triturer. Il est nécessaire d'avoir dans un laboratoire, un assortiment de ces instrumens de différente grandeur. Les mortiers de porcelaine, et sur-tout ceux de verre, ne peuvent pas être employés à la trituration proprement dite, et ils seroient bientôt en pièces si on frappoit dedans, sans précaution, à coups redoublés. C'est en tournant le pilon dans le mortier, en froissant avec adresse

et dextérité les molécules entre le pilon et les parois du mortier qu'on parvient à opérer la division.

La forme des mortiers n'est point indifférente; le fond en doit être arrondi, et l'inclinaison des parois latérales doit être telle, que les matières en poudre retombent d'elles-mêmes quand on relève le pilon : un mortier trop plat seroit donc défectueux, la matière ne retomberoit et ne se retourneroit pas. Des parois trop inclinées présenteroient un autre inconvénient, elles ramèneroient une trop grande quantité de la matière à pulvériser sous le pilon, elle ne seroit plus alors froissée et serrée entre deux corps durs, et la trop grande épaisseur interposée nuiroit à la pulvérisation.

Par une suite du même principe, il ne faut pas mettre dans le mortier une trop grande quantité de matière; il faut sur-tout, autant qu'on le peut, se débarrasser de tems en tems des molécules qui sont déjà pulvérisées, et c'est ce qu'on opère par le tamisage, autre opération dont il va être bientôt question. Sans cette précaution on emploieroit une force inutile, et on perdroit du tems à diviser davantage ce qui l'étoit suffisamment, tandis qu'on n'achèveroit pas de pulvériser ce qui ne l'est pas assez. En effet, la portion de matière divisée nuit à la

trituration de celle qui ne l'est pas ; elle s'interpose entre le pilon et le mortier, et amortit l'effet du coup.

La porphirisation a reçu sa dénomination du nom de la matière sur laquelle elle s'opère. Le plus communément, on a une table plate de porphire ou d'une autre pierre du même degré de dureté ABCD, *planche I, fig. 7*, sur laquelle on étend la matière qu'on se propose de diviser ; on la froisse ensuite, et on la broie en promenant sur le porphire une molette M, d'une pierre du même degré de dureté. La partie de la molette qui porte sur le porphire, ne doit pas être parfaitement plane : sa surface doit être une portion de sphère d'un très-grand rayon ; autrement, quand on promèneroit la molette sur le porphire, la matière se rangeroit tout autour du cercle qu'elle auroit décrit, sans qu'aucune portion s'engageât entre deux, et il n'y auroit pas de porphirisation. On est, par la même raison, obligé de faire retailler de tems en tems les molettes qui tendent à devenir planes à mesure qu'on s'en sert. L'effet de la molette étant d'écarter continuellement la matière, et de la porter vers les extrémités de la table de porphire, on est obligé de la ramener souvent, et de l'accumuler au centre : on se sert à cet effet d'un

couteau de fer, de corne ou d'ivoire, dont la lame doit être très-mince.

Dans les travaux en grand, on préfère, pour opérer le broyement, l'usage de grandes meules de pierres dures qui tournent l'une sur l'autre, ou bien d'une meule verticale qui roule sur une meule horizontale. Dans tous ces cas, on est souvent obliger d'humecter légèrement la matière, dans la crainte qu'elle ne s'élève en poussière.

Ces trois manières de réduire les corps en poudre, ne conviennent pas à toutes les matières : il en est qu'on ne peut parvenir à diviser, ni au pilon, ni au porphire, ni à la meule; telles sont les matières très-fibreuses, comme le bois; telles sont celles qui ont une sorte de ténacité et d'élasticité, comme la corne des animaux, la gomme élastique, &c. tels sont enfin les métaux ductiles et malléables, qui s'applatissent sous le pilon au lieu de s'y réduire en poudre.

On se sert pour les bois de grosses limes connues sous le nom de rapes à bois *pl. I, fig. 8.* On se sert pour la corne de limes un peu plus fines; enfin on emploie pour les métaux des limes encore plus fines, telles sont celles représentées *figures 9 et 10.*

Il est quelques substances métalliques qui ne

sont ni assez cassantes pour être mises en poudre par trituration, ni assez dures pour pouvoir être limées commodément. Le zinc est dans ce cas ; sa demi-malléabilité empêche qu'on ne puisse le pulvériser au mortier : si on le lime il empâte la lime, il en remplit les interstices, et bientôt elle n'a presque plus d'action. Il y a une manière simple pour réduire le zinc en poudre, c'est de le piler chaud dans un mortier de fonte de fer également chaud ; il s'y triture alors aisément. On peut encore le rendre cassant, en le fondant avec un peu de mercure. Les artificiers qui emploient le zinc pour faire des feux bleus, ont recours à l'un de ces deux moyens. Quand on n'a pas pour objet de mettre les métaux dans un très-grand état de division, on peut les réduire en grenailles en les coulant dans de l'eau.

Enfin il y a un dernier moyen de diviser, qu'on emploie pour les matières à-la-fois pulpeuses et fibreuses, telles que les fruits, les pommes de terre, les racines, &c. On les promène sur une rape, *planche I, figure 11*, en donnant un certain degré de pression, et on parvient ainsi à les réduire en pulpe. Tout le monde connoît la rape, et il seroit superflu d'en donner une description plus étendue.

On conçoit que le choix des matières avec lesquelles on opère la trituration, n'est point indifférent : on doit bannir le cuivre de tout ce qui a rapport aux alimens, à la pharmacie, &c. Les mortiers de marbre ou ceux de matières métalliques ne peuvent être employés pour triturer les matières acides ; c'est ce qui fait que les mortiers de bois très-dur, tel que le gayac, et ceux de verre, de porcelaine et de granit, sont d'une grande commodité dans un laboratoire.

§. I I.

Du Tamisage et du Lavage.

De quelque moyen mécanique qu'on se serve pour diviser les corps, on ne peut parvenir à donner le même degré de finesse à toutes leurs parties. La poudre qu'on obtient de la plus longue et de la plus exacte trituration, est toujours un assemblage et un mélange de molécules de différentes grosseurs. On parvient à se débarrasser des plus grossières, et à n'avoir qu'une poudre beaucoup plus homogène, en employant des tamis, *figures 12, 13, 14 et 15, planche I*, dont la grandeur de la maille soit proportionnée à la grosseur des molécules qu'on se propose d'obtenir : tout ce qui est supérieur en grosseur aux dimensions de la maille,

reste sur le tamis, et on le repasse au pilon.

On voit deux de ces tamis représentés *figures 12 et 13*. L'un, *fig. 12*, est de crin ou de soie; l'autre, *fig. 13*, est de peau dans laquelle on a fait des trous ronds avec un emporte-pièce : ce dernier est en usage dans l'art de fabriquer la poudre à canon et la poudre de chasse. Lorsqu'on est obligé de tamiser des matières très-légères, très-précieuses et qui se dispersent aisément; ou bien lorsque répandues dans l'air elles peuvent être nuisibles à ceux qui les respirent, on se sert de tamis composés de trois pièces, *fig. 14 et 15*; savoir d'un tamis proprement dit ABCD, *fig. 15*, d'un couvercle EF, et d'un fond GH : on voit ces trois parties assemblées, *fig. 14*.

Il est un autre moyen plus exact que le tamisage, d'obtenir des poudres de grosseur uniforme, c'est le lavage; mais il n'est praticable qu'à l'égard des matières qui ne sont point susceptibles d'être attaquées et altérées par l'eau. On délaye et on agite dans l'eau ou dans quelqu'autre liqueur les matières broyées qu'on veut obtenir en poudres de grosseur homogène; on laisse reposer un moment la liqueur, puis on la décante encore trouble, les parties les plus grossières restent au fond du vase. On décante une seconde fois, et on a un second dépôt

moins grossier que le premier. On décante une troisième fois pour obtenir un troisième dépôt, qui est au second pour la finesse ce que le second est au premier. On continue cette manœuvre jusqu'à ce que l'eau soit éclaircie; et la poudre grossière et inégale qu'on avoit originairement, se trouve séparée en une suite de dépôt qui, chacun en particulier, sont d'un degré de finesse à-peu-près homogène.

Le même moyen, le lavage, ne s'emploie pas seulement pour séparer les unes des autres les molécules de matières homogènes, et qui ne diffèrent que par leur degré plus ou moins grand de division; il fournit une ressource non moins utile pour séparer des matières du même degré de finesse, mais dont la pesanteur spécifique est différente: c'est principalement dans le travail des mines qu'on fait usage de ce moyen.

On se sert pour le lavage dans les laboratoires, de vaisseaux de différentes formes, de terrines de grès, de bocaux de verre, &c. Quelquefois pour décanter la liqueur sans troubler le dépôt qui s'est formé, on emploie le siphon. Cet instrument consiste en un tube de verre ABC, *planche II, fig. 11*, recourbé en B, et dont la branche BC doit être plus longue de quelques pouces que celle AB. Pour

n'être point obligé de le tenir à la main, ce qui pourroit être fatigant dans quelques expériences, on le passe dans un trou pratiqué au milieu d'une petite planche DE. L'extrémité A du siphon doit être plongée dans la liqueur du bocal FG, à la profondeur jusqu'à laquelle on se propose de vider le vase.

D'après les principes hydrostatiques sur lesquels est fondé l'effet du siphon, la liqueur ne peut y couler qu'autant qu'on a chassé l'air contenu dans son intérieur : c'est ce qui se pratique au moyen d'un petit tube de verre HI, soudé hermétiquement à la branche BC. Lors donc qu'on veut procurer par le moyen du siphon l'écoulement de la liqueur du vase FG dans celui LM, on commence par boucher avec le bout du doigt l'extrémité C de la branche BC du siphon; puis on suce avec la bouche, jusqu'à ce qu'on ait retiré tout l'air du tube et qu'il ait été remplacé par de la liqueur : alors on ôte le doigt, la liqueur coule et continue à passer du vase FG dans celui LM.

§. III.

De la Filtration.

On vient de voir que le tamisage étoit une opération par laquelle on séparoit les unes des

autres des molécules de différentes grosseurs; que les plus fines passoient à travers le tamis, tandis que les plus grossières restoient dessus.

Le filtre n'est autre chose qu'un tamis très-fin et très-serré, à travers lequel les parties solides, quelque divisées qu'elles soient, ne peuvent passer, mais qui est cependant perméable pour les fluides; le filtre est donc, à proprement parler, l'espèce de tamis qu'on emploie pour séparer des molécules solides qui sont très-fines, d'un fluide dont les molécules sont encore plus fines.

On se sert à cet effet, principalement en pharmacie, d'*étoffes* épaisses et d'un tissu très-serré: celles de laine à poils sont les plus propres à remplir cet objet. On leur donne ordinairement la forme d'un cône, *planche II, fig.* 2: cette espèce de filtre porte le nom de chausse, qui est relatif à sa figure. La forme conique a l'avantage de réunir toute la liqueur qui coule, en un seul point A, et on peut alors la recevoir dans un vase d'une ouverture très-petite; ce qui ne pourroit pas avoir lieu, si la liqueur couloit de plusieurs points. Dans les grands laboratoires de pharmacie, on a un châssis de bois représenté *planche II, fig.* 1, dans le milieu duquel on attache la chausse.

La filtration à la chausse ne peut être appli-

cable qu'à quelques opérations de pharmacie ; mais comme dans la plupart des opérations chimiques un même filtre ne peut servir qu'à une même nature d'expériences, comme il faudroit avoir un nombre de chausses considérables et les laver avec un grand soin à chaque opération, on y a substitué une étoffe très-commune, à très-bon marché, qui est à la vérité très-mince, mais qui, attendu qu'elle est feutrée, compense par le serré de son tisu ce qui pourroit lui manquer en épaisseur : cette étoffe est du papier non collé. Il n'est aucun corps solide, quelque divisé qu'il soit, qui passe à travers les pores des filtres de papier ; les fluides au contraire les traversent avec beaucoup de facilité.

Le seul embarras que présente le papier employé comme filtre, consiste dans la facilité avec laquelle il se perce et se déchire, surtout quand il est mouillé. On remédie à cet inconvénient, en le soutenant par le moyen de diverses espèces de doublures. Si on a des quantités considérables de matières à filtrer, on se sert d'un châssis de bois ABCD, *planche II*, *fig. 3*, auquel sont adaptées des pointes de fer ou crochets : on pose ce châssis sur deux petits tréteaux, comme on le voit *fig. 4*. On place sur le quarré une toile grossière, qu'on

tend médiocrement et qu'on accroche aux pointes ou crochets de fer. On étend ensuite une ou deux feuilles de papier sur la toile, et on verse dessus le mélange de matière liquide et de matière solide dont on veut opérer la séparation. Le fluide coule dans la terrine ou autre vase quelconque F, qu'on a mis sous le filtre. Les toiles qui ont servi à cet usage, se lavent, ou bien on les renouvelle, si on a lieu de craindre que les molécules dont elles peuvent rester imprégnées, ne soient nuisibles dans des opérations subséquentes.

Dans toutes les opérations ordinaires et lorsqu'on n'a qu'une médiocre quantité de liqueur à filtrer, on se sert d'entonnoirs de verre, *planche II, fig. 5*, pour contenir et soutenir le papier; on le plie alors de manière à former un cône de même figure que l'entonnoir. Mais alors on tombe dans un autre inconvénient; le papier, lorsqu'il est mouillé, s'applique tellement sur les parois du verre, que la liqueur ne peut couler et qu'il ne s'opère de filtration que par la pointe du cône : alors l'opération devient très-longue; les matières hétérogènes d'ailleurs que contient la liqueur étant communément plus lourdes que l'eau, elles se rassemblent à la pointe du cône de papier, elles l'obstruent, et la filtration ou s'arrête, ou de-

vient excessivement lente. On a imaginé différens procédés pour remédier à ces inconvéniens, qui sont plus graves qu'on ne le croiroit d'abord, parce qu'ils se répètent tous les jours dans le cours des opérations chimiques. Un premier moyen a été de multiplier les plis du papier, comme on le voit *fig. 6*, afin que la liqueur, en suivant les sillons que forment les plis, pût arriver à la pointe du cône : d'autres ont joint à ce premier moyen l'usage de fragmens de paille, qu'on place et qu'on arrange dans l'entonnoir avant d'y placer le papier. Enfin, le dernier moyen employé et qui me paroît réunir le plus d'avantages, consiste à prendre de petites bandes de verre, telles qu'on en trouve chez tous les vitriers, et qui sont connues sous le nom de rognures de verre. On les courbe par le bout à la lampe, de manière à former un crochet qui s'ajuste dans le bord supérieur de l'entonnoir ; on en dispose six à huit de cette manière, avant de placer le papier. Ces bandes de verre le maintiennent à une distance suffisante des parois de l'entonnoir, pour que la filtration s'opère. La liqueur coule le long des bandes de verre, et se rassemble à la pointe du cône.

On voit quelques-unes de ces bandes représentées *fig. 8* : on voit aussi, *fig. 7*, un entonnoir

de verre garni de bandes de verre et d'un papier à filtrer.

Lorsqu'on a un grand nombre de filtrations à faire marcher à-la-fois, il est très-commode d'avoir une planche AB, *planche II, fig. 9*, soutenue par des montans de bois AC, BD, et percée de trous pour y placer les entonnoirs.

Il y a des matières très-épaisses et très-visqueuses qui ne peuvent passer à travers le papier, et qui ne peuvent être filtrées qu'après avoir subi quelques préparations. La plus ordinaire consiste à battre un blanc d'œuf, à le diviser dans ces liqueurs, et à les faire chauffer jusqu'à *l'ébullition*. Le blanc d'œuf se coagule, il se réduit en écume, qui vient monter à la surface, et qui entraîne avec elle la plus grande partie des matières visqueuses qui s'opposoient à la filtration. On est obligé de prendre ce parti pour obtenir du petit-lait clair, autrement il seroit très-difficile de le faire passer par le filtre. On remplit le même objet à l'égard des liqueurs spiritueuses, avec un peu de colle de poisson délayée dans de l'eau : cette colle se coagule par l'action de l'alkool, sans qu'on soit obligé de faire chauffer.

On conçoit qu'une des conditions indispensables de la filtration, est que le filtre ne puisse pas être attaqué et corrodé par la liqueur qui

doit y passer ; aussi ne peut-on pas filtrer les acides concentrés à travers le papier. Il est vrai qu'on est rarement obligé d'avoir recours à ce moyen, parce que la plupart des acides s'obtiennent par voie de distillation, et que les produits de la distillation sont presque toujours clairs. Si cependant dans quelques cas très-rares, on est forcé de filtrer des acides concentrés, on se sert alors de verre pilé, ou, ce qui est mieux encore, de morceaux de quartz ou de cristal de roche grossièrement concassés et en partie réduits en poudre. On place quelques-uns des plus gros morceaux dans le fond de l'entonnoir, pour le boucher en partie; on met par-dessus des morceaux moins gros, qui sont maintenus par les premiers; enfin les portions les plus divisées doivent occuper le dessus : on remplit ensuite l'entonnoir avec de l'acide.

Dans les usages de la société, on filtre l'eau des rivières pour l'obtenir limpide et séparée des substances hétérogènes qui la salissent : on se sert à cet effet de sable de rivière. Le sable réunit plusieurs avantages qui le rendent propre à cet usage : premièrement, il est en fragmens arrondis, ou au moins dont les angles sont usés; et les intervalles que présentent des molécules de cette figure, favorisent le passage de l'eau. Secondement, ces molécules sont de différentes grosseurs,

grosseurs, et les plus fines se rangent naturellement entre les plus grosses ; elles empêchent donc qu'il ne se rencontre des vides trop grands qui laisseroient passer des matières hétérogènes. Troisièmement enfin, le sable ayant été roulé et lavé par l'eau des rivières pendant une longue révolution de temps, on est sûr qu'il est dépouillé de toute substance soluble dans l'eau, et que par conséquent il ne peut absolument rien communiquer à l'eau qui filtre au travers.

Dans tous les cas, comme dans celui-ci, où le même filtre doit servir long-temps, il s'engorgeroit, et la liqueur cesseroit d'y passer, si on ne le nettoyoit pas. Cette opération est simple à l'égard des filtres de sable, il ne s'agit que de le laver dans plusieurs eaux successives et jusqu'à ce qu'elle sorte claire.

§. IV.

De la Décantation.

La décantation est une opération qui peut suppléer à la filtration, et qui, comme elle, a pour objet de séparer d'avec un liquide les molécules concrètes qu'il contient. On laisse à cet effet reposer la liqueur dans des vases ordinairement coniques, et qui ont la forme de verres à boire, comme celui représenté A B C D E,

planche II, figure 10. On fait dans les verreries des vases de cette figure, qui sont de différentes grandeurs ; lorsqu'ils excèdent deux ou trois pintes de capacité, on supprime le pied CDE, et on y supplée par un pied de bois dans lequel on les mastique. La matière étrangère se dépose au fond de ces vases par un repos plus ou moins long, et on obtient la liqueur claire en la versant doucement par inclinaison. On voit que cette opération suppose que le corps suspendu dans le liquide est spécifiquement plus lourd que lui, et susceptible de se rassembler au fond : mais quelquefois la pesanteur spécifique du dépôt approche tellement de celle de la liqueur, et l'on est si près de l'équilibre, que le moindre mouvement suffit pour le remêler ; alors au lieu de transvaser la liqueur, et de la séparer par décantation, on se sert du siphon représenté *fig. 11*, et dont j'ai déjà donné la description.

Dans toutes les expériences où l'on veut déterminer avec une précision rigoureuse le poids de la matière précipitée, la décantation est préférable à la filtration, pourvu qu'on ait soin de laver à grande eau et à plusieurs reprises le précipité. On peut bien, il est vrai, déterminer le poids du précipité qu'on a séparé par filtration, en pesant le filtre avant et après l'opération ;

l'augmentation de poids que le filtre a acquise, donne le poids du précipité qui y est resté attaché : mais quand les quantités sont peu considérables, la dessication plus ou moins grande du filtre, les différentes proportions d'humidité qu'il peut retenir, sont une source d'erreurs qu'il est important d'éviter.

CHAPITRE V.

Des moyens que la Chimie emploie pour écarter les unes des autres les molécules des corps sans les décomposer, et réciproquement pour les réunir.

J'ai déjà fait observer qu'il existoit deux manières de diviser les corps, la première qu'on nomme division mécanique, consiste à séparer une masse solide en un grand nombre d'autres masses beaucoup plus petites. On emploie pour remplir cet objet la force des hommes, celle des animaux, la pesanteur de l'eau appliquée aux machines hydrauliques, la force expansive de l'eau réduite en vapeurs, comme dans les machines à feu, l'impulsion du vent, etc. Mais toutes ces forces employées à diviser les corps, sont beaucoup plus bornées qu'on ne le croit communément. Avec un pilon d'un certain poids, qui tombe d'une certaine hauteur, on ne peut jamais réduire en poudre une matière donnée au-delà d'un certain degré de finesse, et la même molécule qui paroît si fine relativement à nos organes, est encore une montagne, si on peut se servir de cette expression, lorsqu'on la compare avec les molécules constitutives

et élémentaires du corps que l'on divise. C'est en cela que diffèrent les agens mécaniques des agens chimiques; ces derniers divisent un corps dans ses molécules primitives. Si, par exemple, c'est un sel neutre; ils portent la division de ses parties aussi loin qu'elle le peut être, sans que la molécule cesse d'être une molécule de sel. Je vais donner dans ce chapitre des exemples de cette espèce de division. J'y joindrai quelques détails sur des opérations qui y sont relatives.

§. I.

De la solution des Sels.

On a long-temps confondu en chimie la solution et la dissolution, et l'on désignoit par le même nom la division des parties d'un sel dans un fluide tel que l'eau, et la division d'un métal dans un acide. Quelques réflexions sur les effets de ces deux opérations feront sentir qu'il n'est pas possible de les confondre.

Dans la solution des sels, les molécules salines sont simplement écartées les unes des autres; mais ni le sel, ni l'eau n'éprouvent aucune décomposition, et on peut les retrouver l'un et l'autre en même quantité qu'avant l'opération. On peut dire la même chose de la dissolution des résines dans l'alkool et dans les dissolvans

spiritueux. Dans la dissolution des métaux, au contraire, il y a toujours ou décomposition de l'acide, ou décomposition de l'eau : le métal s'oxygène, il passe à l'état d'oxide ; une substance gazeuse se dégage ; en sorte qu'à proprement parler, aucune des substances après la dissolution n'est dans le même état où elle étoit auparavant. C'est uniquement de la solution dont il sera question dans cet article.

Pour bien saisir ce qui se passe dans la solution des sels, il faut savoir qu'il se complique deux effets dans la plupart de ces opérations : solution par l'eau et solution par le calorique ; et comme cette distinction donne l'explication de la plupart des phénomènes relatifs à la solution, je vais insister pour la bien faire entendre.

Le nitrate de potasse, vulgairement appelé salpêtre, contient très-peu d'eau de cristallisation ; une foule d'expériences le prouvent ; peut-être même n'en contient-il pas : cependant il se liquéfie à un degré de chaleur qui surpasse à peine celui de l'eau bouillante. Ce n'est donc point à l'aide de son eau de cristallisation qu'il se liquéfie, mais parce qu'il est très-fusible de sa nature, et qu'il passe de l'état solide à l'état liquide, un peu au-dessus de la chaleur de l'eau bouillante. Tous les sels sont de même susceptibles d'être liquéfiés par le calorique ; mais à

une température plus ou moins haute. Les uns, comme les acétiques de potasse et de soude, se fondent et se liquéfient à une chaleur très-médiocre ; les autres, au contraire, comme le sulfate de chaux, le sulfate de potasse, etc. exigent une des plus fortes chaleurs que nous puissions produire. Cette liquéfaction des sels par le calorique présente exactement les mêmes phénomènes que la liquéfaction de la glace. Premièrement elle s'opère de même à un degré de chaleur déterminé pour chaque sel, et ce degré est constant pendant tout le temps que dure la liquéfaction du sel. Secondement, il y a emploi de calorique au moment où le sel se fond, dégagement lorsqu'il se fige ; tous phénomènes généraux, et qui ont lieu lors du passage d'un corps quelconque de l'état concret à l'état fluide, et réciproquement.

Ces phénomènes de la solution par le calorique se compliquent toujours plus ou moins avec ceux de la solution par l'eau. On en sera convaincu, si l'on considère qu'on ne peut verser de l'eau sur un sel pour le dissoudre, sans employer réellement un dissolvant mixte, l'eau et le calorique : or on peut distinguer plusieurs cas différens, suivant la nature et la manière d'être de chaque sel. Si, par exemple, un sel est très-peu soluble par l'eau, et qu'il le soit beaucoup par le calorique, il est clair que ce sel sera très-

peu soluble à l'eau froide, et qu'il le sera beaucoup, au contraire, à l'eau chaude ; tel est le nitrate de potasse, et sur-tout le muriate oxygéné de potasse. Si un autre sel au contraire est à-la-fois peu soluble dans l'eau, et peu soluble dans le calorique, il sera peu soluble dans l'eau froide comme dans l'eau chaude, et la différence ne sera pas très-considérable ; c'est ce qui arrive au sulfate de chaux.

On voit donc qu'il y a une relation nécessaire entre ces trois choses ; solubilité d'un sel dans l'eau froide, solubilité du même sel dans l'eau bouillante, degré auquel ce même sel se liquéfie par le calorique seul et sans le secours de l'eau ; que la solubilité d'un sel à chaud et à froid est d'autant plus grande qu'il est plus soluble par le calorique, ou, ce qui revient au même, qu'il est susceptible de se liquéfier à un degré plus inférieur de l'échelle du thermomètre.

Telle est en général la théorie de la solution des sels. Mais je n'ai pu me former encore que des apperçus généraux, parce que les faits particuliers manquent, et qu'il n'existe point assez d'expériences exactes. La marche à suivre pour compléter cette partie de la chimie est simple ; elle consiste à rechercher pour chaque sel ce

qui s'en dissout dans une quantité donnée d'eau à différens degrés du thermomètre : or comme on sait aujourd'hui avec beaucoup de précision, d'après les expériences que nous avons publiées M. de la Place et moi, ce qu'une livre d'eau contient de calorique à chaque degré du thermomètre, il sera toujours facile de déterminer par des expériences simples la proportion de calorique et d'eau qu'exige chaque sel pour être tenu en dissolution, ce qui s'en absorbe au moment où le sel se liquéfie, ce qui s'en dégage au moment où il cristallise.

On ne doit plus être étonné, d'après cela, de voir que les sels même qui sont dissolubles à froid se dissolvent beaucoup plus rapidement dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Il y a toujours emploi de calorique dans la dissolution des sels ; et quand il faut que le calorique soit fourni de proche en proche par les corps environnans, il en résulte un déplacement qui ne s'opère que lentement. L'opération au contraire se trouve tout d'un coup facilitée et accélérée, quand le calorique nécessaire à la solution se trouve déjà tout combiné avec l'eau.

Les sels, en général, en se dissolvant dans l'eau, en augmentent la pesanteur spécifique ; mais cette règle n'est pas absolument sans exception.

Un jour à venir on connoîtra la quantité de radical, d'oxygène et de base, qui constituent chaque sel neutre; on connoîtra la quantité d'eau et de calorique nécessaire pour le dissoudre, l'augmentation de pesanteur spécifique qu'il communique à l'eau, la figure des molécules élémentaires de ses cristaux; on expliquera les circonstances et les accidens de sa cristallisation, et c'est alors seulement que cette partie de la chimie sera complète. M. Séguin a formé le prospectus d'un grand travail en ce genre, qu'il est bien capable d'exécuter.

La solution des sels dans l'eau n'exige aucun appareil particulier. On se sert avec avantage, dans les opérations en petit, de phioles à médecine de différentes grandeurs, *planche II, fig. 16 et 17;* de terrines de grès, *même planche* A, *fig. 1 et 2;* de matras à col alongé, *fig. 14;* de casseroles ou bassines de cuivre et d'argent, *figures 13 et 15.*

§. II.

De la Lexiviation.

La lexiviation est une opération des arts et de la chimie, dont l'objet est de séparer des substances solubles dans l'eau d'avec d'autres substances qui sont insolubles. On a coutume de se servir pour cette opération dans les arts et

dans les usages de la vie, d'un grand cuvier ABCD, *planche II, figure 12*, percé en D près de son fond d'un trou rond dans lequel on introduit une champlure de bois DE ou un robinet de métal. On met d'abord au fond du cuvier une petite couche de paille, et ensuite par-dessus la matière qu'on se propose de lessiver ; on la recouvre d'une toile, et on verse de l'eau froide ou chaude, suivant que la substance est d'une solubilité plus ou moins grande. L'eau s'imbibe dans la matière, et pour qu'elle la pénètre mieux, on tient pendant quelque temps fermé le robinet DE. Lorsqu'on juge qu'elle a eu le temps de dissoudre toutes les parties salines, on la laisse couler par le robinet DE; mais comme il reste toujours à la matière insoluble une portion d'eau adhérente qui ne coule pas, comme cette eau est nécessairement aussi chargée de sel que celle qui a coulé, on perdroit une quantité considérable de parties salines, si on ne repassoit à plusieurs reprises de nouvelle eau à la suite de la première. Cette eau sert à étendre celle qui est restée ; la substance saline se partage et se fractionne, et au troisième ou quatrième relavage, l'eau passe presque pure : on s'en assure par le moyen du pèse-liqueur dont il a été parlé, Tom. 1, p. 338.

Le petit lit de paille qu'on met au fond

du vase sert à procurer des interstices pour l'écoulement de l'eau ; on peut l'assimiler aux pailles ou aux tiges de verre dont on se sert pour filtrer dans l'entonnoir, et qui empêchent l'application trop immédiate du papier contre le verre. A l'égard du linge qu'on met pardessus la matière qu'on se propose de lessiver, il n'est pas non plus inutile ; il a pour objet d'empêcher que l'eau ne fasse un creux dans la matière à l'endroit où on la verse, et qu'elle ne s'ouvre des issues particulières qui empêcheroient que toute la masse ne fût lessivée.

On imite plus ou moins cette opération des arts dans les expériences chimiques ; mais attendu qu'on se propose plus d'exactitude, et que lorsqu'il est question, par exemple, d'une analyse, il faut être sûr de ne laisser dans le résidu aucune partie saline ou soluble, on est obligé de prendre quelques précautions particulières. La première est d'employer plus d'eau que dans les lessives ordinaires, et d'y délayer les matières avant de tirer la liqueur à clair ; autrement toute la masse ne seroit pas également lessivée, et il pourroit même arriver que quelques portions ne le fussent aucunement. Il faut aussi avoir soin de repasser de très-grandes quantités d'eau, et on ne doit en général regarder

l'opération comme terminée, que quand l'eau passe absolument dépouillée de sel, et que l'aréomètre indique qu'elle n'augmente plus de pesanteur spécifique en traversant la matière contenue dans le cuvier.

Dans les expériences très en petit, on se contente communément de mettre dans des bocaux ou des matras de verre la matière qu'on se propose de lessiver; on verse dessus de l'eau bouillante, et on filtre au papier dans un entonnoir de verre. Voyez *pl. II, fig. 7.* On relave ensuite avec de l'eau bouillante. Quand on opère sur des quantités un peu plus grandes, on délaye les matières dans un chaudron d'eau bouillante, et on filtre avec le quarré de bois représenté *planc. II, figures 3 et 4*, qu'on garnit de toile et d'un papier à filtrer. Enfin dans les opérations très en grand, on emploie le baquet ou cuvier que j'ai décrit au commencement de cet article, et qui est représenté *figure 12.*

§. III.

De l'Evaporation.

L'évaporation a pour objet de séparer l'une de l'autre deux matières, dont l'une au moins est liquide, et qui ont un degré de volatilité très-différent.

C'est ce qui arrive lorsqu'on veut obtenir dans l'état concret un sel qui a été dissous dans l'eau : on échauffe l'eau, et on la combine avec le calorique qui la volatilise ; les molécules de sel se rapprochent en même temps, et obéissant aux loix de l'attraction, elles se réunissent pour reparoître sous leur forme solide.

On a pensé que l'action de l'air influoit beaucoup sur la quantité de fluide qui s'évapore, et on est tombé à cet égard dans des erreurs qu'il est bon de faire connoître. Il est sans doute une évaporation lente qui se fait continuellement d'elle-même à l'air libre et à la surface des fluides exposés à la simple action de l'atmosphère. Quoique cette première espèce d'évaporation puisse être jusqu'à un certain point considérée comme une dissolution par l'air, il n'en est pas moins vrai que le calorique y concourt, puisqu'elle est toujours accompagnée de refroidissement : on doit donc la regarder comme une dissolution mixte, faite en partie par l'air, et en partie par le calorique. Mais il est un autre genre d'évaporation, c'est celle qui a lieu à l'égard d'un fluide entretenu toujours bouillant ; l'évaporation qui se fait alors par l'action de l'air n'est plus que d'un objet très-médiocre en comparaison de celle qui est occasionnée par l'action du calorique : ce n'est plus, à proprement parler,

l'évaporation qui a lieu, mais la vaporisation ; or cette dernière opération ne s'accélère pas en raison des surfaces évaporantes, mais en raison des quantités de calorique qui se combinent avec le liquide. Un trop grand courant d'air froid nuit quelquefois, dans ces occasions, à la rapidité de l'évaporation, par la raison qu'il enlève du calorique à l'eau, et qu'il ralentit par conséquent sa conversion en vapeurs. Il n'y a donc nul inconvénient à couvrir jusqu'à un certain point le vase où l'on fait évaporer un liquide entretenu toujours bouillant, pourvu que le corps qui le couvre soit de nature à dérober peu de calorique, qu'il soit, pour me servir d'une expression du docteur Francklin, mauvais conducteur de chaleur ; les vapeurs s'échappent alors par l'ouverture qui leur est laissée, et il s'en évapore au moins autant et souvent plus que quand on laisse un accès libre à l'air extérieur.

Comme dans l'évaporation, le liquide que le calorique enlève est absolument perdu, comme on le sacrifie pour conserver la substance fixe avec laquelle il étoit combiné, on n'évapore jamais que des matières peu précieuses, telles par exemple que l'eau. Lorsqu'elles ont plus de valeur, on a recours à la distillation : autre opération dans laquelle on

conserve à-la-fois et le corps fixe et le corps volatil.

Les vaisseaux dont on se sert pour les évaporations, sont des bassines de cuivre ou d'argent, quelquefois de plomb, telles que celle représentée *planche II, fig. 13,* des casseroles également de cuivre ou d'argent, *fig. 15.*

Des capsules de verre, *pl. III, fig. 3 et 4.*

Des jattes de porcelaine.

Des terrines de grès A, *pl. II, fig. 1 et 2.*

Mais les meilleures de toutes les capsules à évaporer, sont des fonds de cornue et des portions de matras de verre. Leur *minceur,* qui est égale par-tout, les rend plus propres que tout autre vaisseau à se prêter, sans se casser, à une chaleur brusque et à des alternatives subites de chaud et de froid. On peut les faire soi-même dans les laboratoires, et elles reviennent beaucoup moins cher que les capsules qu'on achète chez les faïenciers. Cet art de couper le verre ne se trouve décrit nulle part, et je vais en donner une idée.

On se sert d'anneaux de fer AC, *pl. III, fig. 5,* que l'on soude à une tige de fer AB, garnie d'un manche de bois D. On fait rougir l'anneau de fer dans un fourneau, puis on pose dessus le matras G, *fig. 6,* qu'on se propose de couper : lorsqu'on juge que le verre a été suffisamment

samment échauffé par l'anneau de fer rouge, on jette quelques gouttes d'eau dessus, et le matras se casse ordinairement juste dans la ligne circulaire qui étoit en contact avec l'anneau de fer.

D'autres vaisseaux évaporatoires, d'un excellent usage, sont de petites fioles de verre, qu'on désigne dans le commerce sous le nom de fioles à médecine. Ces bouteilles qui sont de verre mince et commun, supportent le feu avec une merveilleuse facilité, et sont à très-bon marché. Il ne faut pas craindre que leur figure nuise à l'évaporation de la liqueur. J'ai déjà fait voir que toutes les fois qu'on évaporoit le liquide au degré de l'ébullition, la figure du vaisseau contribuoit ou nuisoit peu à la célérité de l'opération, sur-tout quand les parois supérieures du vaisseau étoient mauvais conducteurs de chaleur, comme le verre. On place une ou plusieurs de ces fioles sur une seconde grille de fer FG, *planche III, fig. 2*, qu'on pose sur la partie supérieure d'un fourneau, et sous laquelle on entretient un feu doux. On peut suivre de cette manière un grand nombre d'expériences à-la-fois.

Un autre appareil évaporatoire assez commode et assez expéditif, consiste dans une cornue de verre qu'on met au bain de sable, comme

on le voit *planche III, fig. 1*, et qu'on recouvre avec un dôme de terre cuite : mais l'opération est toujours beaucoup plus lente, quand on se sert du bain de sable ; elle n'est pas d'ailleurs exempte de dangers, parce que le sable s'échauffant inégalement, tandis que le verre ne peut pas se prêter à des degrés de dilatation locale, le vaisseau est souvent exposé à casser. Il arrive même quelquefois que le sable chaud fait exactement l'office des anneaux de fer représentés *planche III, fig. 5 et 6*, sur-tout lorsque le vase contient un fluide qui distille. Une goutte de fluide qui s'éclabousse et qui vient tomber sur les parois du vaisseau à l'endroit du contact de l'anneau de sable, le fait casser circulairement en deux parties terminées par une ligne bien tranchée.

Dans les cas où l'évaporation exige une grande intensité de feu, on se sert de creusets de terre ; mais en général on entend le plus communément par le mot *évaporation* une opération qui se fait au degré de l'eau bouillante, ou très-peu au-dessus.

§. IV.

De la Cristallisation.

La cristallisation est une opération dans laquelle les parties intégrantes d'un corps sépa-

rées les unes des autres par l'interposition d'un fluide, sont déterminées par la force d'attraction qu'elles exercent les unes sur les autres, à se rejoindre pour former des masses solides.

Lorsque les molécules d'un corps sont simplement écartées par le calorique, et qu'en vertu de cet écartement ce corps est porté à l'état de liquide, il ne faut, pour le ramener à l'état de solide, c'est-à-dire pour opérer sa cristallisation, que supprimer une partie du calorique logé entre ses molécules, autrement dit le refroidir. Si le refroidissement est lent et si en même temps il y a repos, les molécules prennent un arrangement régulier, et alors il y a cristallisation proprement dite : si au contraire le refroidissement est rapide, ou si en supposant un refroidissement lent on agite le liquide au moment où il va passer à l'état concret, il y a cristallisation confuse.

Les mêmes phénomènes ont lieu dans les solutions par l'eau ; ou pour mieux dire, les solutions par l'eau sont toujours mixtes, comme je l'ai déjà fait voir dans le paragraphe premier de ce chapitre : elles s'opèrent en partie par l'action de l'eau, en partie par celle du calorique. Tant qu'il y a suffisamment d'eau et de calorique pour écarter les molécules du sel, au point qu'elles soient hors de leur sphère

d'attraction, le sel demeure dans l'état fluide. L'eau et le calorique viennent-ils à manquer, et l'attraction des molécules salines les unes par rapport aux autres devient-elle victorieuse, le sel reprend la forme concrète, et la figure des cristaux est d'autant plus régulière, que l'évaporation a été plus lente et faite dans un lieu plus tranquille.

Tous les phénomènes qui ont lieu dans la solution des sels se retrouvent également dans leur cristallisation, mais dans un sens inverse. Il y a dégagement de calorique au moment où le sel se réunit et reparoît sous sa forme concrète et solide, et il en résulte une nouvelle preuve que les sels sont tenus à-la-fois en dissolution par l'eau et par le calorique. C'est par cette raison qu'il ne suffit pas pour faire cristalliser les sels qui se liquéfient aisément par le calorique, de leur enlever l'eau qui les tenoit en dissolution ; il faut encore leur enlever le calorique, et le sel ne cristallise qu'autant que ces deux conditions sont remplies. Le salpêtre, le muriate oxygéné de potasse, l'alun, le sulfate de soude, &c. en fournissent des exemples. Il n'en est pas de même des sels qui exigent peu de calorique pour être tenus en dissolution, et qui par cela même sont à-peu-près également solubles dans l'eau chaude et dans l'eau froide; il

suffit de leur enlever l'eau qui les tenoit en dissolution pour les faire cristalliser, et ils reparoissent sous forme concrète dans l'eau bouillante même, comme on l'observe relativement au sulfate de chaux, aux muriates de soude et de potasse, et à beaucoup d'autres.

C'est sur ces propriétés des sels et sur leur différence de solubilité à chaud et à froid, qu'est fondé le raffinage du salpêtre. Ce sel, tel qu'il est retiré par une première opération, et tel qu'il est livré par les salpêtriers, est composé de sels déliquescens qui ne sont pas susceptibles de cristalliser, tels que le nitrate et le muriate de chaux; de sels qui sont presqu'également solubles à chaud et à froid, tels que les muriates de potasse et de soude; enfin de salpêtre, qui est beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid.

On commence par verser sur tous ces sels confondus ensemble une quantité d'eau suffisante pour tenir en dissolution les moins solubles de tous, et ce sont les muriates de soude et de potasse. Cette quantité d'eau tient facilement en dissolution tout le salpêtre, tant qu'elle est chaude; mais il n'en est plus de même lorsqu'elle se refroidit : la majeure partie du salpêtre cristallise, il n'en reste qu'environ un sixième tenu en dissolution, et qui se trouve

confondu avec le nitrate calcaire et avec les muriates.

Le salpêtre qu'on obtient ainsi est un peu imprégné de sels étrangers, parce qu'il a cristallisé dans une eau qui elle-même en étoit chargée; mais on l'en dépouille complètement par une nouvelle dissolution à chaud avec très-peu d'eau et par une nouvelle cristallisation.

A l'égard des eaux surnageantes à la cristallisation du salpêtre, et qui contiennent un mélange de salpêtre et de différens sels, on les fait évaporer pour en tirer du salpêtre brut, qu'on purifie ensuite également par deux nouvelles dissolutions et cristallisations.

Les sels à base terreuse qui sont incristallisables, sont rejetés s'ils ne contiennent point de nitrates; si au contraire ils en contiennent, on les étend avec de l'eau, on précipite la terre par le moyen de la potasse, on laisse déposer, on décante, on fait évaporer et on met à cristalliser.

Ce qui s'observe dans le raffinage du salpêtre, peut servir de règle toutes les fois qu'il est question de séparer par voie de cristallisation plusieurs sels mêlés ensemble. Il faut alors étudier la nature de chacun, la proportion qui s'en dissout dans des quantités données d'eau, leur différence de solubilité à chaud et à froid. Si à

ces propriétés principales on joint celle qu'ont quelques sels de se dissoudre dans l'alkool ou dans un mélange d'alkool et d'eau, on verra qu'on a des ressources très-multipliées pour opérer la séparation des sels par voie de cristallisation. Mais il faut convenir en même tems qu'il est difficile de rendre cette séparation complète et absolue.

Les vaisseaux qu'on emploie pour la cristallisation des sels, sont des terrines de grès A, *planche II, fig. 1 et 2*, et de grandes capsules applaties, *planche III, fig. 7*.

Lorsqu'on abandonne une solution saline à une évaporation lente, à l'air libre et à la chaleur de l'atmosphère, on doit employer des vases un peu élevés, tels que celui représenté *pl. III, fig. 3*, afin qu'il y ait une épaisseur un peu considérable de liqueur; on obtient par ce moyen des cristaux beaucoup plus gros et aussi réguliers qu'on puisse l'espérer.

Non-seulement tous les sels cristallisent sous différentes formes, mais encore la cristallisation de chaque sel varie suivant les circonstances de la cristallisation. Il ne faut pas en conclure que la figure des molécules salines ait rien d'indéterminé dans chaque espèce : rien n'est plus constant au contraire que la figure des molécules primitives des corps, sur-tout à l'égard

des sels. Mais les cristaux qui se forment sous nos yeux, sont des aggrégations de molécules, et ces molécules, quoique toutes parfaitement égales en figure et en grosseur, peuvent prendre des arrangemens différens, qui donnent lieu à une grande variété de figures toutes régulières, et qui paroissent quelquefois n'avoir aucun rapport, ni entr'elles, ni avec la figure du cristal originaire. Cet objet a été savamment traité par M. l'Abbé Haüy, dans plusieurs Mémoires présentés à l'Académie, et dans un ouvrage sur la structure des cristaux. Il ne reste plus même qu'à étendre à la classe des sels ce qu'il a fait plus particulièrement pour quelques pierres cristallisées.

§. V.

De la Distillation simple.

La distillation a deux objets bien déterminés: je distinguerai en conséquence deux espèces de distillation, la distillation simple et la distillation composée. C'est uniquement de la première dont je m'occuperai dans cet article.

Lorsqu'on soumet à la distillation deux corps dont l'un est plus volatil, c'est-à-dire, a plus d'affinité que l'autre avec le calorique, le but qu'on se propose est de les séparer: le plus

volatil prend la forme de gaz, et on le condense ensuite par refroidissement dans des appareils propres à remplir cet objet. La distillation n'est alors, comme l'évaporation, qu'une opération en quelque façon mécanique qui sépare l'une de l'autre deux substances, sans les décomposer et sans en altérer la nature. Dans l'évaporation, c'étoit le produit fixe qu'on cherchoit à conserver, sans s'embarrasser de conserver le produit volatil; dans la distillation, au contraire, on s'attache le plus communément à recueillir le produit volatil, à moins qu'on ne se propose de les conserver tous deux. Ainsi la distillation simple, bien analysée, ne doit être considérée que comme une évaporation en vaisseaux clos.

Le plus simple de tous les appareils distillatoires est une bouteille A, *planch. III, fig. 8*, dont on courbe, dans la verrerie même, le col B C en B D. Cette bouteille ou fiole porte alors le nom de cornue; on la place ou dans un fourneau de réverbère, comme on le voit *planche XIII, fig. 2*, ou au bain de sable sous une couverture de terre cuite, comme on le voit *planche III, fig. 1*. Pour recueillir et pour condenser les produits, on adapte à la cornue un récipient E, *planche III, fig. 9*, qu'on lutte avec elle: quelquefois, sur-tout dans les opé-

rations de pharmacie, on se sert d'une cucurbite de verre ou de grès A, *planche III*, *fig.* 12, surmontée de son chapiteau B, ou bien d'un alambic de verre auquel tient un chapiteau d'une seule pièce, *figure* 13. On ménage à ce dernier une tubulure, c'est-à-dire une ouverture T, qu'on bouche avec un bouchon de cristal usé à l'émeril. On voit que le chapiteau B de l'alambic a une rigole *r r*, destinée à recevoir la liqueur qui se condense, et à la conduire au bec *r* S par lequel elle s'écoule.

Mais, comme dans presque toutes les distillations il y a une expansion de vapeurs qui pourroit faire éclater les vaisseaux, on est obligé de ménager au ballon ou récipient E, *fig.* 9, un petit trou T, par lequel on donne issue aux vapeurs. D'où l'on voit qu'on perd dans cette manière de distiller tous les produits qui sont dans un état constamment aériforme, et ceux même qui, ne perdant pas facilement cet état, n'ont pas le tems d'être condensés dans l'intérieur du ballon. Cet appareil ne peut donc être employé que dans les opérations courantes des laboratoires et dans la pharmacie, mais il est insuffisant pour toutes les opérations de recherches. Je détaillerai à l'article de la distillation composée, les moyens qu'on a imaginés pour recueillir sans perte la totalité des produits.

Les vaisseaux de verre étant très-fragiles et ne résistant pas toujours aux alternatives brusques du chaud et du froid, on a imaginé de faire des appareils distillatoires en métal. Ces instrumens sont nécessaires pour distiller de l'eau, des liqueurs spiritueuses, pour obtenir les huiles essentielles des végétaux, &c. On ne peut se dispenser dans un laboratoire bien monté, d'avoir un ou deux alambics de cette espèce et de différente grandeur.

Cet appareil distillatoire consiste dans une cucurbite de cuivre rouge étamé A, *pl. III, fig. 15 et 16*, dans laquelle s'ajuste, lorsqu'on le juge à propos, un bain-marie d'étain D, *figure 17*, et sur lequel on place le chapiteau F. Ce chapiteau peut également s'ajuster sur la cucurbite du cuivre, sans bain-marie ou avec le bain-marie, suivant la nature des opérations. Tout l'intérieur du chapiteau doit être en étain.

Il est nécessaire, sur-tout pour la distillation des liqueurs spiritueuses, que le chapiteau F de l'alambic soit garni d'un réfrigérent SS, *fig. 16*, dans lequel on entretient toujours de l'eau fraîche. On la laisse écouler par le moyen du robinet R, quand on s'apperçoit qu'elle devient trop chaude, et on la renouvelle avec de la fraîche. Il est aisé de concevoir quel est l'usage de cette eau; l'objet de la distillation est de

convertir en gaz la matière qu'on veut distiller et qui est contenue dans la cucurbite, et cette conversion se fait à l'aide du calorique fourni par le feu du fourneau : mais il n'y auroit pas de distillation, si ce même gaz ne se condensoit pas dans le chapiteau, s'il n'y perdoit pas la forme de gaz et ne redevenoit pas liquide. Il est donc nécessaire que la substance que l'on distille dépose dans le chapiteau tout le calorique qui s'y étoit combiné dans la cucurbite, et par conséquent que les parois du chapiteau soient toujours entretenues à une température plus basse que celle qui peut maintenir la substance à distiller dans l'état de gaz. L'eau du réfrigérent est destinée à remplir cet office. On sait que l'eau se convertit en gaz à 80 degrés du thermomètre français, l'esprit-de-vin ou alkool à 67, l'éther à 32 ; on conçoit donc que ces substances ne distilleroient pas, ou plutôt qu'elles s'échapperoient en vapeurs aériformes, si la chaleur du réfrigérent n'étoit pas entretenue au-dessous de ces degrés respectifs.

Dans la distillation des liqueurs spiritueuses et en général des liqueurs très-expansives, le réfrigérent ne suffit pas pour condenser toutes les vapeurs qui s'élèvent de la cucurbite : alors au lieu de recevoir directement la liqueur du bec T U de l'alambic dans un récipient, on inter-

pose entre deux un serpentin. On donne ce nom à un instrument représenté *fig. 18.* Il consiste en un tuyau tourné en spirale, et qui fait un grand nombre de révolutions dans un seau de cuivre étamé BCDE. On entretient toujours de l'eau dans ce seau, et on la renouvelle quand elle s'échauffe. Cet instrument est en usage dans tous les ateliers de fabrication d'eau-de-vie; on n'y emploie pas même de chapiteau proprement dit ni de réfrigérent, et toute la condensation s'opère dans le serpentin. Celui représenté dans la *figure 18*, a un tuyau double, dont l'un est spécialement destiné à la distillation des matières odorantes.

Quelquefois, même dans la distillation simple, on est obligé d'ajouter une alonge entre la cornue et le récipient, comme on le voit *fig. 11.* Cette disposition peut avoir deux objets; ou de séparer l'un de l'autre des produits de différens degrés de volatilité, ou d'éloigner le récipient du fourneau, afin que la matière qui doit y être contenue éprouve moins de chaleur. Mais ces appareils et plusieurs autres plus compliqués qui ont été imaginés par les anciens, sont bien éloignés de répondre aux vues de la Chimie moderne : on en jugera par les détails dans lesquels j'entrerai à l'article de la distillation composée.

§. VI.

De la Sublimation.

On donne le nom de sublimation à la distillation des matières qui se condensent dans un état concret : ainsi on dit la sublimation du soufre, la sublimation du sel ammoniac ou muriate ammoniacal, &c. Ces opérations n'exigent pas d'appareils particuliers ; cependant on a coutume d'employer pour la sublimation du soufre, ce qu'on nomme des aludels. Ce sont des vaisseaux de terre ou de faïence qui s'ajustent les uns avec les autres, et qui se placent sur une cucurbite qui contient le soufre.

Un des meilleurs appareils sublimatoires pour les matières qui ne sont point très-volatiles, est une fiole à médecine qu'on enfonce aux deux tiers dans un bain de sable; mais alors on perd une partie du produit. Toutes les fois qu'on veut les conserver tous, il faut se rapprocher des appareils pneumato-chimiques, dont je vais donner la description dans le Chapitre suivant.

CHAPITRE VI.

Des Distillations pneumato-chimiques, des Dissolutions métalliques, et de quelques autres opérations qui exigent des Appareils très-compliqués.

§. PREMIER.

Des Distillations composées, et des Distillations pneumato-chimiques.

Je n'ai présenté, dans le §. 5 du chapitre précédent, la distillation que comme une opération simple, dont l'objet est de séparer l'une de l'autre deux substances de volatilité différente : mais le plus souvent la distillation fait plus ; elle opère une véritable décomposition du corps qui y est soumis : elle sort alors de la classe des opérations simples, et elle rentre dans l'ordre de celles qu'on peut regarder comme des plus compliquées de la chimie. Il est sans doute de l'essence de toute distillation, que la substance que l'on distille soit réduite à l'état de gaz dans la cucurbite par sa combinaison avec le calorique ; mais dans la distilla-

tion simple ce même calorique se dépose dans le réfrigérent ou dans le serpentin, et la même substance reprend son état de liquidité. Il n'en est pas ainsi dans la distillation composée; il y a dans cette opération décomposition absolue de la substance soumise à la distillation: une portion telle que le charbon demeure fixe dans la cornue, tout le reste se réduit en gaz d'un grand nombre d'espèces. Les uns sont susceptibles de se condenser par le refroidissement, et de reparoître sous forme concrète et liquide; les autres demeurent constamment dans l'état aériforme; ceux-ci sont absorbables par l'eau, ceux-là le sont par les alkalis; enfin quelques-uns ne sont absorbables par aucune substance. Un appareil distillatoire ordinaire, et tel que ceux que j'ai décrits dans le chapitre précédent, ne suffiroit pas pour retenir et pour séparer des produits aussi variés: on est donc obligé d'avoir recours à des moyens beaucoup plus compliqués.

Je pourrois placer ici un historique des tentatives qui ont été successivement faites pour retenir les produits aériformes qui se dégagent des distillations; ce seroit une occasion de citer Hales, Rouelle, Woulfe et plusieurs autres chimistes célèbres; mais comme je me suis fait une loi d'être aussi concis qu'il seroit

roit possible, j'ai pensé qu'il valoit mieux décrire tout d'un coup l'appareil le plus parfait, plutôt que de fatiguer le lecteur par le détail de tentatives infructueuses, faites dans un temps où l'on n'avoit encore que des idées très-imparfaites sur la nature des gaz en général. L'appareil dont je vais donner la description, est destiné à la plus compliquée de toutes les distillations : on pourra le simplifier ensuite suivant la nature des opérations.

A, *planche IV, fig. 1*, représente une cornue de verre tubulée en H, dont le col B s'ajuste avec un ballon G C à deux pointes. A la tubulure supérieure D de ce ballon s'ajuste un tube de verre D E f g qui vient plonger par son extrémité g dans la liqueur contenue dans la bouteille L. A la suite de la bouteille L qui est tubulée en x x x sont trois autres bouteilles L', L'', L''', qui ont de même trois tubulures ou gouleaux x', x', x'; x'', x'', x''; x''', x''', x'''. Chaque bouteille est liée par un tube de verre $x\,y\,z'$, $x'\,y'\,z''$, $x''\,y''\,z'''$; enfin à la dernière tubulure de la bouteille L''' est adapté un tube x''' R M qui aboutit sous une cloche de verre, laquelle est placée sur la tablette de l'appareil pneumato-chimique. Communément on met dans la première bouteille un poids bien connu d'eau distillée, et dans les trois autres de la potasse caustique étendue

d'eau : la tarre de ces bouteilles et le poids de la liqueur alkaline qu'elles contiennent, doivent être déterminés avec un très-grand soin. Tout étant ainsi disposé, on lute toutes les jointures, savoir celle B de la cornue au ballon, et celle D de la tubulure supérieure du ballon avec du lut gras recouvert de toile imbibée de chaux et de blanc d'œuf, et toutes les autres avec un lut de térébenthine cuite et de cire fondues ensemble.

On voit, d'après ces dispositions, que lorsqu'on a mis le feu sous la cornue A, et que la substance qu'elle contient a commencé à se décomposer, les produits les moins volatils doivent se condenser et se sublimer dans le col même de la cornue, et que c'est principalement là que doivent se rassembler les substances concrètes ; que les matières plus volatiles, telles que les huiles légères, l'ammoniaque et beaucoup d'autres substances, doivent se condenser dans le matras G C ; que les gaz, au contraire, qui ne peuvent être condensés par le froid, doivent bouillonner à travers les liqueurs contenues dans les bouteilles L L′ L″ L‴ ; que tout ce qui est absorbable par l'eau doit rester dans la bouteille L ; que tout ce qui est susceptible d'être absorbé par l'alkali doit rester dans les bouteilles L′ L″ L‴ ; enfin que les gaz qui ne sont absorbables ni par l'eau,

ni par les alkalis, doivent s'échapper par le tube RM, à la sortie duquel ils peuvent être reçus dans des cloches de verre. Enfin ce qu'on appeloit autrefois le *caput mortuum*, le charbon et la terre comme absolument fixes, doivent rester dans la cornue.

On a toujours dans cette manière d'opérer une preuve matérielle de l'exactitude du résultat ; car le poids des matières en total doit être le même avant et après l'opération : si donc on a opéré, par exemple, sur 8 onces de gomme arabique ou d'amidon, le poids du résidu charbonneux qui restera dans la cornue A après l'opération, plus celui des produits rassemblés dans son col et dans le matras GC, plus celui du gaz rassemblé dans la cloche M, plus enfin l'augmentation de poids acquise par les bouteilles L, L′, L″, L‴; tous ces poids, dis-je, réunis doivent former un total de 8 onces. S'il y a plus ou moins, il y a erreur, et il faut recommencer l'expérience jusqu'à ce qu'on ait un résultat dont on soit satisfait, et qui diffère à peine de 6 ou 8 grains par livre de matière mise en expérience.

J'ai rencontré long-temps dans ce genre d'expériences des difficultés presqu'insurmontables, et qui m'auroient obligé d'y renoncer, si je ne fusse parvenu enfin à les lever par un moyen

très-simple, et dont M. Hassenfratz m'a fourni l'idée. Le moindre ralentissement dans le degré du feu du fourneau, et beaucoup d'autres circonstances inséparables de ce genre d'expériences, occasionnent souvent des réabsorptions de gaz : l'eau de la cuve rentre rapidement dans la bouteille L''' par le tube x''' R M : la même chose arrive d'une bouteille à l'autre, et souvent la liqueur remonte jusques dans le ballon C. On prévient ces accidens en employant des bouteilles à trois tubulures, et en adaptant à l'une d'elles un tube capillaire S *t*, *s' t'*, *s'' t''*, *s''' t'''*, dont le bout doit plonger dans la liqueur des bouteilles. S'il y a absorption soit dans la cornue, soit dans quelques-unes des bouteilles, il rentre par ces tubes de l'air extérieur qui remplace le vide qui s'est formé, et on en est quitte pour avoir un petit mélange d'air commun dans les produits; mais au moins l'expérience n'est pas entièrement manquée. Ces tubes peuvent bien admettre de l'air extérieur, mais ils ne peuvent en laisser échapper, parce qu'ils sont toujours bouchés dans leur partie inférieure *t t' t'' t'''* par le fluide des bouteilles.

On conçoit que pendant le cours de l'expérience, la liqueur des bouteilles doit remonter dans chacun de ces tubes à une hauteur relative à la pression qu'éprouve l'air ou le gaz contenu

dans la bouteille ; or cette pression est déterminée par la hauteur et par le poids de la colonne de liquide contenu dans toutes les bouteilles subséquentes. En supposant donc qu'il y ait trois pouces de liqueur dans chaque bouteille, que la hauteur de l'eau de la cuve soit également de trois pouces au-dessus de l'orifice du tuyau R M, enfin que la pesanteur spécifique des liqueurs contenues dans les bouteilles ne diffère pas sensiblement de celle de l'eau ; l'air de la bouteille L sera comprimé par un poids égal à celui d'une colonne d'eau de 12 pouces. L'eau s'élèvera donc de 12 pouces dans le tube S*t*, d'où il résulte qu'il faut donner à ce tube plus de 12 pouces de longueur au-dessus du niveau du liquide *ab*. Le tube $s' t'$ doit par la même raison avoir plus de 9 pouces, le tube $s'' t''$ plus de 6, et le tube $s''' t'''$ plus de 3. On doit au surplus donner à ces tubes plus que moins de longueur, à cause des oscillations qui ont souvent lieu. On est obligé, dans quelques cas, d'introduire un semblable tube entre la cornue et le ballon ; mais comme ce tube ne plonge point dans l'eau, comme il n'est point bouché par un liquide, au moins jusqu'à ce qu'il en ait passé par le progrès de la distillation, il faut en boucher l'ouverture supérieure avec un peu de lut, et ne l'ouvrir qu'au besoin, ou lorsqu'il y a assez de liquide

dans le matras C pour fermer l'extrémité du tube.

L'appareil dont je viens de donner la description, ne peut pas être employé dans des expériences exactes, toutes les fois que les matières qu'on se propose de traiter ont une action trop rapide l'une sur l'autre, ou lorsque l'une des deux ne doit être introduite que successivement et par petites parties, comme il arrive dans les mélanges qui font une violente effervescence. On se sert alors d'une cornue tubulée A, *planche VII, fig. 1.* On y introduit l'une des deux substances, et de préférence celle qui est concrète, puis on adapte et on lute à la tubulure un tube recourbé B C D A terminé dans sa partie supérieure B en entonnoir, et par son extrémité A en un tube capillaire : c'est par l'entonnoir B de ce tube qu'on verse la liqueur. Il faut que la hauteur BC soit assez grande pour que la liqueur qu'on doit introduire puisse faire équilibre avec la résistance occasionnée par celle contenue dans les bouteilles L L′ L″ L‴, *planche IV, fig. 1.*

Ceux qui n'ont pas l'habitude de se servir de l'appareil distillatoire que je viens de décrire, ne manqueront pas de s'effrayer de la grande quantité d'ouvertures qu'on est obligé de luter et du temps qu'exigent les préliminaires de

semblables expériences; et en effet, si on fait entrer en ligne de compte les pesées qu'il est nécessaire de faire avant l'expérience, et de répéter après, les préparatifs sont beaucoup plus longs que l'expérience elle-même. Mais aussi on est bien dédommagé de ses peines, quand l'expérience réussit ; et on acquiert en une seule fois plus de connoissances sur la nature de la substance animale ou végétale qu'on a soumise à la distillation, que par plusieurs semaines du travail le plus assidu.

A défaut de bouteilles triplement tubulées, on se sert de bouteilles à deux gouleaux : il est même possible de mettre les trois tubes dans la même ouverture, et de se servir de bouteilles ordinaires à gouleaux renversés, pourvu que l'ouverture soit suffisamment grande. Il faut avoir soin d'ajuster sur les bouteilles des bouchons qu'on use avec une lime très-douce, et qu'on fait bouillir dans un mélange d'huile, de cire et de térébenthine. On perce à travers ces bouchons avec une lime nommée queue de rat, voyez *planc. I, fig. 16,* autant de trous qu'il est nécessaire pour le passage des tubes : on voit un de ces bouchons représenté *pl. IV, fig. 8.*

§. II.

Des Dissolutions métalliques.

J'ai déjà fait sentir, lorsque j'ai parlé de la solution des sels dans l'eau, combien il existoit de différence entre cette opération et la dissolution métallique. On a vu que la solution des sels n'exigeoit aucun appareil particulier, et que tout vase y étoit propre. Il n'en est pas de même de la dissolution des métaux ; pour ne rien perdre dans cette dernière, et pour obtenir des résultats vraiment concluans, il faut employer des appareils très-compliqués, et dont l'invention appartient absolument aux chimistes de notre âge.

Les métaux en général se dissolvent avec effervescence dans les acides ; or l'effet auquel on a donné le nom d'effervescence, n'est autre chose qu'un mouvement excité dans la liqueur dissolvante par le dégagement d'un grand nombre de bulles d'air ou de fluide aériforme qui partent de la surface du métal, et qui crèvent en sortant de la liqueur dissolvante.

M. Cavendish et M. Priestley sont les premiers qui aient imaginé des appareils simples pour recueillir ces fluides élastiques. Celui de M. Priestley consiste en une bouteille A,

planche VII, fig. 2, bouchée en B avec un bouchon de liége troué dans son milieu, et qui laisse passer un tube de verre recourbé en BC, qui s'engage sous des cloches remplies d'eau, et renversées dans un bassin plein d'eau : on commence par introduire le métal dans la bouteille A, on verse l'acide par-dessus, puis on bouche avec le bouchon garni de son tube B C.

Mais cet appareil n'est pas sans inconvénient, du moins pour des expériences très-exactes. Premièrement lorsque l'acide est très-concentré, et que le métal est très-divisé, l'effervescence commence souvent avant qu'on ait eu le temps de boucher la bouteille ; il y a perte de gaz, et on ne peut plus déterminer les quantités avec exactitude. Secondement dans toutes les opérations où l'on est obligé de faire chauffer, il y a une partie de l'acide qui se distille et qui se mêle avec l'eau de la cuve ; en sorte qu'on se trompe dans le calcul des quantités d'acide décomposées. Troisièmement enfin l'eau de la cuve absorbe tous les gaz susceptibles de se combiner avec l'eau, et il est impossible de les recueillir sans perte.

Pour remédier à ces inconvéniens, j'avois d'abord imaginé d'adapter à une bouteille à deux gouleaux A, *planche VII, figure 3*, un entonnoir de verre BC, qu'on y lute de manière à ne

laisser aucune issue à l'air. Dans cet entonnoir entre une tige de cristal D E usée en D à l'émeri avec l'entonnoir, de manière à le fermer comme le bouchon d'un flacon.

Lorsqu'on veut opérer, on commence par introduire dans la bouteille A la matière à dissoudre : on lute l'entonnoir, on le bouche avec la tige DE, puis on y verse de l'acide qu'on fait passer dans la bouteille en aussi petite quantité que l'on veut, en soulevant doucement la tige : on répète successivement cette opération, jusqu'à ce qu'on soit arrivé au point de saturation.

On a employé depuis un autre moyen qui remplit le même objet, et qui dans certains cas est préférable : j'en ai déjà donné une idée dans le paragraphe précédent. Il consiste à adapter à l'une des tubulures de la bouteille A, *pl. VII, fig. 4*, un tube recourbé DEFG terminé en D par une couverture capillaire, et en G par un entonnoir soudé au tube ; on le lute soigneusement et solidement dans la tubulure C. Lorsqu'on verse une petite goutte de liqueur dans le tube par l'entonnoir G, elle tombe dans la partie F ; si on en ajoute davantage, elle parvient à dépasser la courbure E, et à s'introduire dans la bouteille A : l'écoulement dure tant qu'on fournit de nouvelle liqueur par l'entonnoir G. On conçoit

qu'elle ne peut jamais être chassée en dehors du tube EFG, et qu'il ne peut jamais sortir d'air ou de gaz de la bouteille, parce que le poids de la liqueur l'en empêche et fait l'effet d'un véritable bouchon.

Pour remédier au second inconvénient, à celui de la distillation de l'acide, qui s'opère surtout dans les dissolutions qui sont accompagnées de chaleur, on adapte à la cornue A, *pl. VII, fig. 1*, un petit matras tubulé M qui reçoit la liqueur qui se condense.

Enfin pour séparer les gaz absorbables par l'eau, tel que le gaz acide carbonique, on ajoute une bouteille L à deux gouleaux, dans laquelle on met de l'alkali pur étendu d'eau : l'alkali absorbe tout le gaz acide carbonique, et il ne passe plus, communément, sous la cloche par le tube NO, qu'une ou deux espèces de gaz tout au plus : on a vu dans le premier chapitre de cette troisième partie comment on parvenoit à les séparer. Si une bouteille d'alkali ne suffit pas, on en ajoute jusqu'à trois et quatre.

§. III.

Des Appareils relatifs aux fermentations vineuse et putride.

La fermentation vineuse et la fermentation

putride exigent des appareils particuliers, et destinés uniquement à ce genre d'expériences. Je vais décrire celui que j'ai cru devoir définitivement adopter, après y avoir fait successivement un grand nombre de corrections.

On prend un grand matras A, *pl. X,* d'environ 12 pintes de capacité : on y adapte une virole de cuivre *a b* solidement mastiquée, et dans laquelle se visse un tuyau coudé *c d* garni d'un robinet *e*. A ce tuyau s'adapte une espèce de récipient de verre à trois pointes B, au-dessous duquel est placée une bouteille C avec laquelle il communique. A la suite du récipient B est un tube de verre *g h i*, mastiqué en *g* et en *i* avec des viroles de cuivre : il est destiné à recevoir un sel concret très-déliquescent, tel que du nitrate ou du muriate de chaux, de l'acétite de potasse, etc.

Enfin ce tube est suivi de deux bouteilles D, E, remplies jusqu'en *x y* d'alkali dissous dans l'eau, et bien dépouillé d'acide carbonique.

Toutes les parties de cet appareil sont réunies les unes avec les autres par le moyen de vis et d'écrous qui se serrent; les points de contact sont garnis de cuir gras qui empêche tout passage de l'air : enfin chaque pièce est garnie de deux robinets, de manière qu'on peut la fermer

par ses deux extrémités, et peser ainsi chacune séparément à toutes les époques de l'expérience qu'on le juge à propos.

C'est dans le ballon A qu'on met la matière fermentescible du sucre, par exemple, et de la levure de bière étendue d'une suffisante quantité d'eau, et dont le poids est bien déterminé. Quelquefois lorsque la fermentation est trop rapide, il se forme une quantité considérable d'écume qui non-seulement remplit le col du ballon, mais qui passe dans le récipient B, et coule dans la bouteille C. C'est pour recueillir cette mousse et empêcher qu'elle ne passe dans le tube déliquescent, qu'on a donné une capacité considérable au récipient B et à la bouteille C.

Il ne se dégage dans la fermentation du sucre, c'est-à-dire, dans la fermentation vineuse, que de l'acide carbonique qui emporte avec lui un peu d'eau qu'il tient en dissolution. Il en dépose une grande partie en passant par le tube *g h i* qui contient un sel déliquescent en poudre grossière, et on en connoît la quantité par l'augmentation de poids acquise par le sel. Ce même acide carbonique bouillonne ensuite à travers la liqueur alkaline de la bouteille D, dans laquelle il est conduit par le tube *k l m*. La petite portion qui n'a point été absorbée par l'alkali contenu dans cette première bouteille, n'échappe

point à la seconde E, et ordinairement il ne passe absolument rien sous la cloche F, si ce n'est l'air commun qui étoit contenu au commencement de l'expérience dans le vide des vaisseaux.

Le même appareil peut servir pour les fermentations putrides; mais alors il passe une quantité considérable de gaz hydrogène par le tube *q r s t u*, lequel est reçu dans la cloche F; et comme le dégagement est rapide, sur-tout en été, il faut la changer fréquemment. Ces fermentations exigent en conséquence une surveillance continuelle, tandis que la fermentation vineuse n'en exige aucune.

On voit qu'au moyen de cet appareil on peut connoître avec une grande précision le poids des matériaux mis à fermenter, et celui de tous les produits liquides ou aériformes qui s'en sont dégagés. On peut voir les détails dans lesquels je suis entré sur le résultat de la fermentation vineuse, dans le chapitre XIII de la première partie de cet Ouvrage, Tom. I, page 139.

§. IV.

Appareil particulier pour la décomposition de l'eau.

J'ai déjà exposé dans la première partie de cet Ouvrage, chap. VIII, Tom. I, pag. 87, les expériences relatives à la décomposition de l'eau ; j'éviterai donc des répétitions inutiles, et je me bornerai à des observations très-sommaires. Les matières qui ont la propriété de décomposer l'eau, sont principalement le fer et le charbon ; mais il faut pour cela qu'ils soient portés à une chaleur rouge : sans cette condition l'eau se réduit simplement en vapeurs, et elle se condense ensuite par le refroidissement, sans avoir éprouvé la moindre altération : à une chaleur rouge au contraire, le fer et le charbon enlèvent l'oxygène à l'hydrogène ; dans le premier cas il se forme de l'oxide noir de fer, et l'hydrogène se dégage libre et pur sous la forme de gaz ; dans le second il se forme du gaz acide carbonique qui se dégage mêlé avec le gaz hydrogène, et ce dernier est communément carbonisé.

On se sert avec avantage, pour décomposer l'eau par le fer, d'un canon de fusil dont on ôte la culasse. On trouve aisément de ces sortes

de canons chez les marchands de féraille. On doit choisir les plus longs et les plus forts : lorsqu'ils sont trop courts, et qu'on craint que les luts ne s'échauffent trop, on y fait souder en soudure forte un bout de tuyau de cuivre. On place ce tuyau de fer dans un fourneau alongé CDEF, *planche VII, figure 11*, en lui donnant une inclinaison de quelques degrés de E en F : cette inclinaison doit être un peu plus grande qu'elle n'est présentée dans la *fig. 11*. On adapte à la partie supérieure E de ce tuyau, une cornue de verre qui contient de l'eau et qui est placée sur un fourneau V V X X. On le lute par son extrémité inférieure F avec un serpentin S S', qui s'adapte lui-même avec un flacon tubulé H, où se rassemble l'eau qui a échappé à la décomposition. Enfin le gaz qui se dégage est porté à la cuve où il est reçu sous des cloches par le tube K K adapté à la tubulure K du flacon H. Au lieu de la cornue A, on peut employer un entonnoir fermé d'un robinet par le bas, et par lequel on laisse couler l'eau goutte à goutte. Si-tôt que cette eau est parvenue à la partie où le tube est échauffé, elle se vaporise, et l'expérience a lieu de la même manière que si elle étoit fournie en vapeurs par le moyen de la cornue A.

Dans l'expérience que nous avons faite, M.

M. Meusnier et moi, en présence des Commissaires de l'Académie, nous n'avions rien négligé pour obtenir la plus grande précision possible dans les résultats ; nous avions même porté le scrupule jusqu'à faire le vide dans les vaisseaux avant de commencer l'expérience, afin que le gaz hydrogène que nous obtiendrions fût exempt de mélange de gaz azote. Nous rendrons compte à l'Académie, dans un très-grand détail, des résultats que nous avons obtenus.

Dans un grand nombre de recherches on est obligé de substituer au canon de fusil des tubes de verre, de porcelaine ou de cuivre. Mais les premiers ont l'inconvénient d'être faciles à fondre : pour peu que l'expérience ne soit pas bien ménagée, le tube s'applatit et se déforme. Les tubes de porcelaine sont la plupart percés d'une infinité de petits trous imperceptibles par lesquels le gaz s'échappe ; surtout s'il est comprimé par une colonne d'eau. C'est ce qui m'a déterminé à me procurer un tube de cuivre rouge, que M. de la Briche a bien voulu faire couler plein et faire forer sous ses yeux à Strasbourg. Ce tube est très-commode pour opérer la décomposition de l'alkool : on sait en effet qu'exposé à une chaleur rouge, il se résout en carbone, en gaz acide

carbonique et en gaz hydrogène. Ce même tube peut également servir à la décomposition de l'eau par le carbone, et à un grand nombre d'expériences.

§. V.

De la préparation et de l'emploi des Luts.

Si dans un tems où l'on perdoit une grande partie des produits de la distillation, où l'on ne tenoit aucun compte de tout ce qui se séparoit sous forme de gaz, en un mot où l'on ne faisoit aucune expérience exacte et rigoureuse, on sentoit déjà la nécessité de bien luter les jointures des appareils distillatoires, combien cette opération manuelle et mécanique n'est-elle pas devenue plus importante, depuis qu'on ne se permet plus de rien perdre dans les distillations et dans les dissolutions, depuis qu'on exige qu'un grand nombre de vaisseaux réunis ensemble se comportent comme s'ils n'étoient que d'une seule pièce, et comme s'ils étoient hermétiquement fermés ; enfin depuis qu'on n'est plus satisfait des expériences, qu'autant que la somme du poids des produits obtenus est égale à celui des matériaux mis en expérience.

La première condition qu'on exige de tout

lut destiné à former les jointures des vaisseaux, est d'être aussi imperméable que le verre lui-même, de manière qu'aucune matière, si subtile qu'elle soit, à l'exception du calorique, ne puisse le pénétrer. Une livre de cire fondue avec une once et demie ou deux onces de térébenthine, remplissent très-bien ce premier objet; il en résulte un lut facile à manier, qui s'attache fortement au verre et qui ne se laisse pas facilement pénétrer : on peut lui donner plus de consistance et le rendre plus ou moins dur, plus ou moins sec, plus ou moins souple, en y ajoutant différentes résines. Cette classe de luts a l'avantage de pouvoir se ramollir par la chaleur, ce qui les rend commodes pour fermer promptement les jointures des vaisseaux : mais, quelque parfaits qu'ils soient pour contenir les gaz et les vapeurs, il s'en faut bien qu'ils puissent être d'un usage général. Dans presque toutes les opérations chimiques, les luts sont exposés à une chaleur considérable et souvent supérieure au degré de l'eau bouillante : or à ce degré les résines se ramollissent, elles deviennent presque liquides, et les vapeurs expansives contenues dans les vaisseaux se font bientôt jour et bouillonnent à travers.

On a donc été obligé d'avoir recours à des

matières plus propres à résister à la chaleur, et voici le lut auquel les Chimistes se sont arrêtés après beaucoup de tentatives; non pas qu'il n'ait quelques inconvéniens, comme je le dirai bientôt, mais parce qu'à tout prendre, c'est encore celui qui réunit le plus d'avantages. Je vais donner quelques détails sur sa préparation et sur-tout sur son emploi : une longue expérience en ce genre m'a mis en état d'applanir aux autres un grand nombre de difficultés.

L'espèce de lut dont je parle dans ce moment, est connue des Chimistes sous le nom de lut gras. Pour le préparer on prend de l'argile non cuite, pure et très-sèche, on la réduit en poudre fine, et on la passe au tamis de soie. On la met ensuite dans un mortier de fonte, et on la bat pendant plusieurs heures à coups redoublés avec un lourd pilon de fer, en l'arrosant peu à peu avec de l'huile de lin cuite, c'est-à-dire, avec de l'huile de lin qu'on a oxygénée et rendue siccative par l'addition d'un peu de litharge. Ce lut est encore meilleur et plus ténace, il s'attache mieux au verre quand, au lieu d'huile grasse ordinaire, on emploie du vernis gras au succin. Ce vernis n'est autre chose qu'une dissolution de succin ou ambre jaune dans de l'huile de lin; mais cette dissolution n'a lieu qu'autant que le succin a été préalablement

fondu seul : il perd dans cette opération préalable un peu d'acide succinique et un peu d'huile. Le lut fait avec le vernis gras est, comme je l'ai dit, un peu préférable à celui fait avec de l'huile de lin seule ; mais il est beaucoup plus cher, et l'excédent de qualité qu'on acquiert n'est pas en proportion de l'excédent du prix : aussi est-il rarement employé.

Le lut gras résiste très-bien à un degré de chaleur même assez violent : il est imperméable aux acides et aux liqueurs spiritueuses ; il prend bien sur les métaux, sur le grès, sur la porcelaine et sur le verre, mais pourvu qu'ils aient été préalablement bien séchés. Si par malheur, dans le cours d'une opération, la liqueur en distillation s'est fait jour, et qu'il ait pénétré quelque peu d'humidité, soit entre le verre et le lut, soit entre différentes couches même du lut, il est d'une extrême difficulté de reboucher les ouvertures qui se sont formées ; et c'est un des principaux inconvéniens, peut-être le seul, que présente l'usage du lut gras.

La chaleur ramollit ce lut, et même au point de le faire couler ; il a besoin, en conséquence, d'être contenu. Le meilleur moyen est de le recouvrir avec des bandes de vessie, qu'on mouille et qu'on tortille tout autour. On fait

ensuite une ligature avec de gros fil au-dessus et au-dessous du lut, puis on passe par-dessus le lut même, et par conséquent par-dessus la vessie qui le recouvre, un grand nombre de tours de fil : un lut arrangé avec ces précautions, est à l'abri de tout accident.

Très-souvent la figure des jointures des vaisseaux ne permet pas d'y faire une ligature, et c'est ce qui arrive au col des bouteilles à trois gouleaux : il faut d'ailleurs beaucoup d'adresse pour serrer suffisamment le fil sans ébranler l'appareil, et dans les expériences où les luts sont très-multipliés, on en dérangeroit souvent plusieurs pour en arranger un seul. Alors on substitue à la vessie et à la ligature des bandes de toile imbibées de blanc d'œuf dans lequel on a délayé de la chaux. On applique sur le lut gras les bandes de toile encore humides ; en peu de tems elles se sèchent et acquièrent une assez grande dureté. On peut appliquer ces mêmes bandes sur les luts de cire et de résine. De la colle-forte délayée dans de l'eau, peut suppléer au blanc d'œuf.

La première attention qu'on doit avoir avant d'appliquer un lut quelconque sur les jointures des vaisseaux, est de les asseoir et de les assujettir solidement, de manière qu'ils ne puissent se prêter à aucun mouvement. Si c'est le col

d'une cornue qu'on veut luter à celui d'un récipient, il faut qu'il y entre à-peu-près juste ; s'il y a peu de jeu, il faut assujettir les deux vaisseaux en introduisant entre leurs cols de petits morceaux fort courts d'alumettes ou de bouchon. Si la disproportion des deux cols est trop grande, on choisit un bouchon qui entre juste dans le col du matras ou récipient ; on fait au milieu de ce bouchon un trou rond de la grosseur nécessaire pour recevoir le col de la cornue.

La même précaution est nécessaire à l'égard des tubes recourbés, qui doivent être lutés à des gouleaux de bouteille, comme dans la *planche IV, fig. 1.* On commence par choisir un bouchon qui entre juste dans le gouleau ; puis on le perce d'un trou avec une lime d'une espèce nommée *queue de rat. Voyez* une de ces limes représentée *planc. I, fig. 16.* Quand un même gouleau est destiné à recevoir deux tubes, ce qui arrive très-souvent, sur-tout à défaut de bouteilles à deux et à trois gouleaux, on perce le bouchon de deux et de trois trous, pour qu'il puisse recevoir deux ou trois tubes. On voit un de ces bouchons représenté *pl. IV, fig. 8.*

Ce n'est que lorsque l'appareil est ainsi solidement assujetti et de manière à ce qu'aucune

partie n'en puisse jouer, qu'on doit commencer à luter. On ramollit d'abord à cet effet le lut, en le pétrissant; quelquefois même, sur-tout en hiver, on est obligé de le faire légèrement chauffer : on le roule ensuite entre les doigts, pour le réduire en petits cylindres qu'on applique sur les vases qu'on veut luter, en ayant soin de les appuyer et de les applatir sur le verre, afin qu'ils y contractent de l'adhérence. A un premier petit cylindre on en ajoute un second, qu'on applatit également, mais de manière que son bord empiète sur le précédent, et ainsi de suite. Quelque simple que soit cette opération, il n'est pas donné à tout le monde de la bien faire, et il n'est pas rare de voir les personnes peu au fait, recommencer un grand nombre de fois des luts sans succès, tandis que d'autres y réussissent avec certitude et dès la première fois. Le lut fait, on le recouvre, comme je l'ai dit, avec de la vessie bien ficelée et bien serrée, ou avec des bandes de toile imbibées de blanc d'œuf et de chaux. Je répéterai encore qu'il faut bien prendre garde, en faisant un lut, et sur-tout en le ficelant, d'ébranler tous les autres; autrement on détruiroit son propre ouvrage, et on ne parviendroit jamais à clore les vaisseaux.

On ne doit jamais commencer une expé-

rience, sans avoir essayé préalablement les luts. Il suffit pour cela, ou de chauffer très-légèrement la cornue A, *planc. IV, fig. 1*, ou de souffler de l'air par quelques-uns des tubes *s s' s'' s'''*; le changement de pression qui en résulte, doit changer le niveau de la liqueur dans tous les tubes; mais si l'appareil perd air de quelque part, la liqueur se remet bientôt à son niveau; elle reste au contraire constamment, soit au-dessus, soit au-dessous, si l'appareil est bien fermé.

On ne doit pas oublier que c'est de la manière de luter, de la patience, de l'exactitude qu'on y apporte, que dépendent tous les succès de la chimie moderne : il n'est donc point d'opération qui demande plus de soins et d'attention.

Ce seroit un grand service à rendre aux chimistes, et sur-tout aux chimistes pneumatiques, que de les mettre en état de se passer de luts, ou du moins d'en diminuer considérablement le nombre. J'avois d'abord pensé à faire construire des appareils dont toutes les parties fussent bouchées à frottement, comme les flacons bouchés en cristal; mais l'exécution m'a présenté d'assez grandes difficultés. Il m'a paru préférable de suppléer aux luts par le moyen de colonnes de mercure, de quelques lignes

de hauteur. Je viens de faire exécuter dans cette vue un appareil dont je vais donner la description, et dont l'usage me paroît pouvoir être utile et commode dans un grand nombre de circonstances.

Il consiste dans une bouteille A, *planche XII, fig. 12*, à double gouleau ; l'un intérieur *b c*, communique avec le dedans de la bouteille ; l'autre extérieur *d e*, qui laisse un intervalle entre lui et le précédent, et qui forme tout autour une profonde rigole *d b*, *c e*, destinée à recevoir du mercure. C'est dans cette rigole qu'entre et s'ajuste le couvercle de verre B. Il a par le bas des échancrures pour le passage des tubes de verre destinés au dégagement des gaz. Ces tubes, au lieu de plonger directement dans la bouteille A, comme dans les appareils ordinaires, se contournent auparavant, comme on le voit *fig. 13*, pour s'enfoncer dans la rigole, et pour passer par-dessous les échancrures du couvercle B : ils remontent ensuite pour entrer dans la bouteille, en passant par-dessus les bords du gouleau intérieur.

Il est aisé de voir que, lorsque les tubes ont été mis en place, que le couvercle B a été solidement assujetti, et que la rigole *d b*, *c e* a été remplie de mercure, la bouteille se trouve

fermée et ne communique plus à l'extérieur que par les tubes.

Un appareil de cette espèce sera très-commode dans un grand nombre d'expériences; mais on ne pourra le mettre en usage que dans la distillation des matières qui n'ont point d'action sur le mercure.

M. Séguin, dont les secours actifs et intelligens m'ont été si souvent utiles, a même déjà commandé dans les verreries des cornues jointés hermétiquement à des récipiens; en sorte qu'il seroit possible de parvenir à n'avoir plus aucun lut. On voit, *planche XII, fig. 14*, un appareil monté d'après les principes que je viens d'exposer.

CHAPITRE VII.

Des Opérations relatives à la combustion proprement dite et à la détonation.

La combustion n'est autre chose, d'après ce qui a été exposé dans la première Partie de cet Ouvrage, que la décomposition du gaz oxygène opérée par un corps combustible. L'oxygène qui forme la base de ce gaz est absorbé, le calorique et la lumière deviennent libres et se dégagent. Toute combustion entraîne donc avec elle l'idée d'oxygénation, tandis qu'au contraire l'oxygénation n'entraîne pas essentiellement l'idée de combustion, puisque la combustion proprement dite ne peut avoir lieu sans un dégagement de lumière et de calorique. Il faut, pour que la combustion s'opère, que la base du gaz oxygène ait plus d'affinité avec le corps combustible, qu'elle n'en a avec le calorique : or cette attraction élective, pour me servir de l'expression de Bergman, n'a lieu qu'à un certain degré de température, qui même est différent pour chaque substance combustible ; de-là la nécessité de donner le premier mouvement à la combustion par l'approche d'un corps chaud. Cette nécessité d'échauffer le corps

qu'on se propose de brûler, tient à des considérations qui n'ont encore fixé l'attention d'aucun Physicien, et auxquels je demande la permission de m'arrêter quelques instans ; on verra qu'elles ne s'éloignent pas de mon sujet.

L'état actuel où nous voyons la nature, est un état d'équilibre auquel elle n'a pu arriver qu'après que toutes les combustions spontanées possibles au degré de chaleur dans lequel nous vivons, toutes les oxygénations possibles ont eu lieu. Il ne peut donc y avoir de nouvelles combustions ou oxygénations, qu'autant qu'on sort de cet état d'équilibre et qu'on transporte les substances combustibles dans une température plus élevée. Eclaircissons par un exemple ce que cet énoncé peut présenter d'abstrait. Supposons que la température habituelle de la terre changeât d'une très-petite quantité, et qu'elle devînt seulement égale à celle de l'eau bouillante : il est évident que le phosphore étant combustible beaucoup au-dessous de ce degré, cette substance n'existeroit plus dans la nature dans son état de pureté et de simplicité, elle se présenteroit toujours dans l'état d'acide, c'est-à-dire oxygénée, et son radical seroit au nombre des substances inconnues. Il en seroit successivement de même de tous les corps combustibles, si la température de la terre deve-

noit de plus en plus élevée; et on arriveroit enfin à un point où toutes les combustions possibles seroient épuisées, où il ne pourroit plus exister de corps combustibles, où tous seroient oxygénés et par conséquent incombustibles.

Revenons donc à dire qu'il ne peut y avoir pour nous de corps combustibles, que ceux qui sont incombustibles au degré de température dans lequel nous vivons; ou ce qui veut dire la même chose en d'autres termes, qu'il est de l'essence de tout corps combustible de ne pouvoir jouir de la propriété combustible, qu'autant qu'on l'échauffe et qu'on le transporte au degré de chaleur où s'opère sa combustion. Ce degré une fois atteint, la combustion commence; et le calorique qui se dégage par l'effet de la décomposition du gaz oxygène, entretient le degré de température nécessaire pour la continuer. Lorsqu'il en est autrement, c'est-à-dire, lorsque le calorique fourni par la décomposition du gaz oxygène n'est pas suffisant pour que le degré de chaleur nécessaire à la combustion se continue, elle cesse : c'est ce qu'on exprime lorsqu'on dit que le corps brûle mal, qu'il est difficilement combustible.

Quoique la combustion ait quelque chose de commun avec la distillation, sur-tout avec la distillation composée, elle en diffère cependant

en un point essentiel. Il y a bien dans la distillation séparation d'une partie des principes du corps que l'on y soumet, et combinaison de ces mêmes principes dans un autre ordre, déterminé par les affinités qui ont lieu à la température à laquelle s'est opérée la distillation ; mais il y a plus dans la combustion, il y a addition d'un nouveau principe, l'oxygène, et dissipation d'un autre principe, le calorique.

C'est cette nécessité d'employer l'oxygène dans l'état de gaz et d'en déterminer rigoureusement les quantités, qui rend si embarrassantes les expériences relatives à la combustion. Une autre difficulté inséparable de ces opérations, tient à ce que les produits qu'elles fournissent se dégagent presque toujours dans l'état de gaz : si donc il est difficile de retenir et de rassembler les produits de la distillation, il l'est bien davantage de recueillir ceux de la combustion ; aussi aucun des anciens chimistes n'en a-t-il eu la prétention, et ce genre d'expérience appartient-il absolument à la chimie moderne.

Après avoir rappelé d'une manière générale le but qu'on doit se proposer dans les différentes expériences relatives à la combustion, je passe à la description des différens appareils que j'ai imaginés dans cette vue. Je n'adopterai dans les articles qui composeront ce chapitre, au-

cune division relative à la nature des combustibles ; je les classerai relativement à la nature des appareils qui conviennent à leur combustion.

§. I.

De la Combustion du Phosphore et du Charbon.

J'ai déjà décrit, tom. 1, p. 57 de cet Ouvrage, les appareils que j'ai employés pour la combustion du charbon et du phosphore. Cependant, comme j'avois alors plutôt en vue de donner une idée du résultat de ces combustions, que d'enseigner le détail des procédés nécessaires pour les obtenir, je ne me suis peut-être pas assez étendu sur la manipulation relative à ce genre d'expériences.

On commence, pour opérer la combustion du phosphore ou du charbon, par remplir de gaz oxygène dans l'appareil pneumato-chimique à l'eau, *pl. V, fig. 1*, une cloche de six pintes au moins de capacité. Lorsqu'elle est pleine à rase, et que le gaz commence à dégorger par-dessous, on transporte cette cloche A sur l'appareil au mercure, *planche IV, fig. 3*, à l'aide d'un vaisseau de verre ou de faïence très-plat, qu'on passe par-dessous. Cette opération faite, on sèche bien avec du papier gris la surface du mercure,

mercure, tant dans l'intérieur qu'à l'extérieur de la cloche. Cette opération demande quelques précautions : si on n'avoit pas l'attention de plonger le papier gris pendant quelque temps entièrement sous le mercure avant de l'introduire sous la cloche, on y feroit passer de l'air commun qui s'attache avec beaucoup de ténacité au papier.

On a d'un autre côté une petite capsule D, de fer ou de porcelaine, plate et évasée, sur laquelle on place le corps qu'on veut brûler, après en avoir très-exactement déterminé le poids à la balance d'essai ; on recouvre ensuite cette capsule d'une autre un peu plus grande P, qui fait à son égard l'office de la cloche du plongeur, et on fait passer le tout à travers le mercure : après quoi on retire à travers le mercure la capsule P qui ne servoit en quelque façon que de couvercle. On peut éviter l'embarras et la difficulté de faire passer les matières à travers le mercure, en soulevant un des côtés de la cloche pendant un instant presqu'indivisible, et en introduisant ainsi, par le passage qu'on s'est ménagé, la capsule avec le corps combustible. Il se mêle dans cette seconde manière d'opérer un peu d'air commun avec le gaz oxygène ; mais ce mélange qui est peu considérable, ne nuit ni au succès, ni à l'exactitude de l'expérience.

Lorsque la capsule D, *planche IV, fig. 3*,

est introduite sous la cloche, on suce une partie du gaz oxygène qu'elle contient pour élever le mercure jusqu'en EF. Sans cette précaution, dès que le corps combustible seroit allumé, la chaleur dilateroit l'air ; elle en feroit passer une portion par-dessous la cloche, et on ne pourroit plus faire aucun calcul exact sur les quantités. On se sert, pour sucer l'air, d'un siphon GHI, qu'on passe par-dessous la cloche ; et pour qu'il ne s'emplisse pas de mercure, on tortille à son extrémité I un petit morceau de papier.

Il y a un art pour élever ainsi en suçant une colonne de mercure à une hauteur de plusieurs pouces au-dessus de son niveau : si on se contentoit d'aspirer l'air avec le poumon, on n'atteindroit qu'à une très-médiocre élévation, par exemple, d'un pouce ou d'un pouce et demi tout au plus ; encore n'y parviendroit-on qu'avec de grands efforts ; tandis que par l'action des muscles de la bouche on peut élever, sans se fatiguer, ou au moins sans risquer de s'incommoder, le mercure jusqu'à six ou sept pouces. Un moyen plus commode encore est de se servir d'une petite pompe que l'on adapte au siphon GHI : on élève alors le mercure à telle hauteur qu'on le juge à propos, pourvu qu'elle n'excède pas 28 pouces.

Si le corps combustible est fort inflammable, comme le phosphore, on l'allume avec un fer recourbé MN, *planche IV, fig. 16*, qu'on fait rougir au feu, et qu'on passe brusquement sous la cloche: dès qu'il est en contact avec le phosphore, ce dernier s'allume. Pour les corps moins combustibles, tels que le fer, quelques autres métaux, le charbon, etc. on se sert d'un petit fragment d'amadou sur lequel on place un atome de phosphore: on allume également ce dernier avec un fer rouge recourbé; l'inflammation se communique à l'amadou, puis au corps combustible.

Dans le premier instant de la combustion, l'air se dilate et le mercure descend; mais lorsqu'il n'y a point de fluide élastique formé, comme dans la combustion du fer et du phosphore, l'absorption devient bientôt sensible, et le mercure remonte très-haut dans la cloche. Il faut en conséquence avoir attention de ne point brûler une très-grande quantité du corps combustible dans une quantité donnée d'air; autrement la capsule, vers la fin de la combustion, s'approcheroit trop du dôme de la cloche, et la grande chaleur pourroit en occasionner la fracture.

J'ai indiqué, Tom. I, chap. II, §. V et VI, les opérations relatives à la mesure du volume des

gaz, les corrections qu'il faut faire à ce volume, relativement à la hauteur du baromètre et au degré du thermomètre; je n'ajouterai rien de plus à cet égard; l'exemple sur-tout que j'ai cité, Tom. I, page 581, étant précisément tiré de la combustion du phosphore.

Le procédé que je viens de décrire peut être employé avec succès pour la combustion de toutes les substances concrètes, et même pour celle des huiles fixes. On brûle ces dernières dans des lampes, et on les allume avec assez de facilité sous la cloche, par le moyen du phosphore, de l'amadou et d'un fer chaud; mais ce moyen n'est pas sans danger pour les substances qui sont susceptibles de se vaporiser à un degré de chaleur médiocre, telles que l'éther, l'esprit-de-vin, les huiles essentielles. Ces substances volatiles se dissolvent en assez grande quantité dans le gaz oxygène; quand on allume, il se fait une détonation subite qui enlève la cloche à une grande hauteur, et qui la brise en éclats. J'ai éprouvé deux de ces détonations, dont des membres de l'Académie ont pensé, ainsi que moi, être les victimes. Cette manière d'opérer a d'ailleurs un grand inconvénient : elle suffit bien pour déterminer avec quelque exactitude la quantité de gaz oxygène absorbé, et celle d'acide carbonique qui s'est formé; mais ces

produits ne sont pas les seuls qui résultent de la combustion : il se forme de l'eau toutes les fois qu'on opère sur des matières végétales ou animales, parce qu'elles contiennent toutes de l'hydrogène en excès ; or l'appareil que je viens de décrire, ne permet ni de la rassembler, ni d'en déterminer la quantité. Enfin, même pour l'acide phosphorique, l'expérience est incomplète, puisqu'il n'est pas possible de démontrer dans cette manière d'opérer, que le poids de l'acide est égal à la somme du poids du phosphore et de celui du gaz oxygène absorbé. Je me suis donc trouvé obligé de varier, suivant les cas, les appareils relatifs à la combustion, et d'en employer plusieurs de différentes espèces, dont je vais donner successivement une idée : je commence par celui destiné à la combustion du phosphore.

On prend un grand ballon de verre blanc ou de cristal A, *pl. IV, fig. 4*, dont l'ouverture EF doit avoir deux pouces et demi à trois pouces de diamètre. Cette ouverture se recouvre avec une plaque de cuivre jaune ou laiton usée à l'émeri, et qui est percée de deux trous pour le passage des tuyaux *xxx*, *yyy*.

Avant de fermer le ballon avec sa plaque, on introduit dans son intérieur un support BC surmonté d'une capsule D de porcelaine, sur laquelle

on place le phosphore. On lute ensuite la plaque de cuivre au ballon en EF avec du lut gras qu'on recouvre avec des bandes de linge imbibées de blanc d'œuf et saupoudrées de chaux. On laisse sécher pendant plusieurs jours, puis on pèse le tout avec une bonne balance. Ces préparatifs achevés, on adapte une pompe pneumatique au tuyau *xxx*, et on fait le vide dans le ballon ; après quoi on introduit du gaz oxygène par le tuyau *yyy*, au moyen du gazomètre représenté *pl. VIII, fig. 1*, et dont j'ai donné la description, Tom. I, chap. II, §. II. On allume ensuite le phosphore avec un verre ardent, et on le laisse brûler jusqu'à ce que le nuage d'acide phosphorique concret qui se forme, arrête la combustion. Alors on délute et on pèse le ballon. Le poids, déduction faite de la tarre, donne celui de l'acide phosphorique qu'il contient. Il est bon, pour plus d'exactitude, d'examiner l'air ou le gaz contenu dans le ballon après la combustion, parce qu'il peut être plus ou moins pesant que l'air ordinaire, et qu'il faut tenir compte dans les calculs relatifs à l'expérience de cette différence de pesanteur.

Les mêmes motifs qui m'ont engagé à construire un appareil particulier pour la combustion du phosphore, m'ont déterminé de prendre

le même parti à l'égard du charbon. Cet appareil consiste en un petit fourneau conique fait en cuivre battu, représenté en perspective, *planche XII, fig. 9*, et vu intérieurement, *figure 11*. On y distingue le fourneau proprement dit ABC, où doit se faire la combustion du charbon, la grille *de* et le cendrier F. Au milieu du fourneau est un tuyau GH, par lequel on introduit le charbon qui sert en même temps de cheminée pour évacuer l'air qui a servi à la combustion.

C'est par le tuyau *lmn* qui communique avec le gazomètre, qu'est emmené l'air qui est destiné à entretenir la combustion ; cet air se répand dans la capacité du cendrier F, et la pression qui lui est communiquée par le gazomètre, l'oblige à passer par la grille *de*, et à souffler les charbons qui sont posés immédiatement dessus.

Le gaz oxygène qui entre pour les $\frac{28}{100}$ dans la composition de l'air de l'atmosphère, se convertit, comme l'on sait, en gaz acide carbonique dans la combustion du charbon. Le gaz azote au contraire ne change point d'état ; il doit donc rester, après la combustion un mélange de gaz azote et de gaz acide carbonique. Pour donner issue à ce mélange, on a adapté à la cheminée GH un tuyau *op* qui s'y visse en G, de

manière à ne laisser échapper aucune portion d'air. Le mélange des deux gaz est conduit par ce tuyau à des bouteilles remplies de potasse en liqueur et bien dépouillée d'acide carbonique, à travers laquelle il bouillonne. Le gaz acide carbonique est absorbé par la potasse, et il ne reste que du gaz azote qu'on reçoit dans un second gazomètre pour en déterminer la quantité.

Une des difficultés que présente l'usage de cet appareil, est d'allumer le charbon et de commencer la combustion : voici le moyen d'y parvenir. Avant d'emplir de charbon le fourneau ABC, on en détermine le poids avec une bonne balance, et de manière à être sûr de ne point commettre une erreur de plus d'un ou deux grains ; on introduit ensuite dans la cheminée GH le tuyau RS, *figure 10*, dont le poids doit également avoir été bien déterminé. Ce tuyau est creux et ouvert par les deux bouts : son extrémité S doit descendre jusqu'au fond du fourneau ; elle doit porter sur la grille *de*, et l'occuper toute entière. Ce n'est qu'après que le tuyau RS a été ainsi placé, qu'on introduit le charbon dans le fourneau. On le pèse alors de nouveau pour connoître la quantité de charbon qui y a été introduite. Ces opérations préliminaires achevées, on met en place le fourneau, on visse

le tuyau *lmn*, *figure 9*, avec celui qui communique avec le gazomètre ; on visse le tuyau *op* avec celui qui conduit aux bouteilles remplies de potasse : enfin au moment où l'on veut commencer la combustion, on ouvre le robinet du gazomètre, et on jette un petit charbon allumé par l'extrémité R du tuyau RS ; ce charbon tombe sur la grille où le courant d'air le maintient allumé. Alors on retire promptement le tuyau RS ; on visse à la cheminée le tuyau *op* destiné à évacuer l'air, et on continue la combustion. Pour être assuré qu'elle est vraiment commencée, et que l'opération a réussi, on a ménagé un tuyau *qrs* garni à son extrémité *s* d'un verre mastiqué, à travers lequel on peut voir si le charbon est allumé. J'oubliois d'observer que ce fourneau et ses dépendances sont plongés dans une espèce de baquet alongé TVXY, *fig. 11*, qui est rempli d'eau et même de glace, afin de diminuer autant que l'on veut la chaleur de la combustion. Cette chaleur au surplus n'est jamais très-vive, parce qu'il ne peut y avoir de combustion qu'en proportion de l'air qui est fourni par le gazomètre, et qu'il n'y a d'ailleurs de charbon qui brûle que celui qui porte immédiatement sur la grille. A mesure qu'une molécule de charbon est consommée, il en retombe une autre en vertu de

l'inclinaison des parois du fourneau ; elle se présente au courant d'air qui traverse la grille *de*, et elle brûle comme la première.

Quant à l'air qui a servi à la combustion, il traverse la masse de charbon qui n'a pas encore brûlé ; et la pression exercée par le gazomètre l'oblige de s'échapper par le tuyau *op*, et de traverser les bouteilles remplies d'alkali.

On voit que dans cette expérience on a toutes les données nécessaires pour obtenir une analyse complète de l'air atmosphérique et du charbon. En effet, on connoît le poids du charbon ; on a par le moyen du gazomètre la mesure de la quantité d'air employée à la combustion ; on peut déterminer la qualité et la quantité de celui qui reste après la combustion ; on a le poids de la cendre qui s'est rassemblée dans le cendrier : enfin l'augmentation de poids des bouteilles qui contiennent la potasse en liqueur, donne la quantité d'acide carbonique qui s'est formé. On peut également connoître avec beaucoup de précision, par cette opération, la proportion de carbone et d'oxygène dont cet acide est composé.

Je rendrai compte dans les Mémoires de l'Académie, de la suite d'expériences que j'ai entreprises avec cet appareil sur tous les charbons végétaux et animaux. Il n'est pas difficile

de voir qu'avec très-peu de changemens on peut en faire une machine propre à observer les principaux phénomènes de la respiration.

§. II.

De la Combustion des Huiles.

Le charbon, au moins quand il est pur, étant une substance simple, l'appareil destiné à le brûler ne pouvoit pas être très-compliqué. Tout se réduisoit à lui fournir le gaz oxygène nécessaire à sa combustion, et à séparer ensuite d'avec le gaz azote le gaz acide carbonique qui s'étoit formé. Les huiles sont plus composées que le charbon, puisqu'elles résultent de la combinaison au moins de deux principes, le carbone et l'hydrogène ; il reste en conséquence, après qu'on les a brûlées dans l'air commun, de l'eau, du gaz acide carbonique et du gaz azote. L'appareil qu'on emploie pour ce genre d'expériences, doit avoir pour objet de séparer et de recueillir ces trois espèces de produit.

Je me sers, pour brûler les huiles, d'un grand bocal A représenté *planche XII, fig. 4*, et de son couvercle, *figure 5*. Ce bocal est garni d'une virole de fer BCDE, qui s'applique exactement sur le bocal en DE, et qui y est solidement mastiquée. Cette virole prend un plus

grand diamètre en B C, et laisse entr'elle et les parois du bocal un intervalle ou rigole *x x x x*, qu'on remplit de mercure : le couvercle représenté *fig. 5*, a de son côté en *f g* une virole de fer qui s'ajuste dans la rigole *x x x x* du bocal, et qui plonge dans le mercure. Le bocal A peut par ce moyen se fermer en un instant hermétiquement et sans lut ; et comme la rigole peut contenir une hauteur de mercure de deux pouces, on voit qu'on peut faire éprouver à l'air contenu dans le bocal une pression de plus de deux pieds d'eau, sans risquer qu'elle surmonte la résistance du mercure.

Le couvercle, *fig. 5*, est percé de quatre trous destinés au passage d'un égal nombre de tuyaux. L'ouverture T est d'abord garnie d'une boîte à cuir à travers laquelle doit passer la tige représentée *figure 3*. Cette tige est destinée à remonter ou à descendre la mêche de la lampe, comme je l'expliquerai ci-après ; les trois autres trous *h*, *i*, *k*, sont destinés, savoir, le premier au passage du tuyau qui doit amener l'huile, le second au passage du tuyau qui doit amener l'air à la lampe pour entretenir la combustion, le troisième au passage du tuyau qui doit donner issue à ce même air, lorsqu'il a servi à la combustion.

La lampe destinée à brûler l'huile dans le

bocal, est représentée séparément, *fig.* 2 de la même *planche ;* on y voit le réservoir à huile *a* avec une espèce d'entonnoir par lequel on le remplit ; le siphon *b c d e f g h*, qui fournit l'huile à la lampe ; le tuyau 7, 8, 9, 10, qui amène l'air du gazomètre à la même lampe.

Le tuyau *bc* est taraudé extérieurement dans sa partie inférieure *b*, et se visse dans un écrou contenu dans le couvercle du réservoir A; par ce moyen, en tournant le réservoir, on peut le faire monter ou descendre, et amener l'huile à la lampe, au niveau où on le juge à propos.

Quand on veut remplir le siphon et établir la communication entre l'huile du réservoir *a* et celle de la lampe 11, on ferme d'abord le robinet *c*, on ouvre celui *e*, et on verse de l'huile par l'ouverture *f*, qui est au haut du siphon. Dès qu'on voit paroître l'huile dans la lampe 11 à un niveau convenable, c'est-à-dire à trois ou quatre lignes des bords, on ferme le robinet *k;* on continue à verser de l'huile par l'ouverture *e*, pour remplir la branche *b c d*. Quand elle est remplie, on ferme le robinet *f*, et alors les deux branches du siphon étant pleines d'huile sans interruption, la communication du réservoir à la lampe est établie.

La *figure 1, même planche XII*, représente

la coupe de la lampe grossie pour rendre les détails plus frappans et plus sensibles. On y voit le tuyau *i k*, qui apporte l'huile; *a a a a*, la capacité qu'occupe la mèche; 9 et 10, le tuyau qui apporte l'air à la lampe: cet air se répand dans la capacité *d d d d d d*, puis il se distribue par le canal *c c c c* et par celui *b b b b*, en-dedans et en-dehors de la mèche, à la manière des lampes d'Argand, Quinquet et Lange.

Pour faire mieux connoître l'ensemble de cet appareil, et pour que sa description même rende plus facile l'intelligence de tous les autres de même genre, je l'ai représenté tout entier en perspective, *planche XI*. On y voit le gazomètre P qui fournit l'air; l'ajutage 1 et 2 par lequel il sort, et qui est garni d'un robinet 1; 2 et 3, un tuyau qui communique de ce premier gazomètre à un second, que l'on emplit pendant que le premier se vide, afin que l'émission de l'air se fasse sans interruption pendant tout le temps que doit durer l'opération; 4 et 5, un tube de verre garni d'un sel déliquescent en morceaux médiocrement gros, afin que l'air, en se distribuant dans les interstices, y dépose une grande partie de l'eau qu'il tenoit en dissolution. Comme on connoît le poids du tube et celui du sel déliquescent qu'il contient,

il est toujours facile de connoître la quantité d'eau qu'il a absorbée.

Du tube 4 et 5 que je nommerai tube déliquescent, l'air est conduit à la lampe 11 par le tube 5, 6, 7, 8, 9, 10. Là il se divise; une partie vient alimenter la flamme par-dehors, l'autre par-dedans, à la manière des lampes d'Argand, Quinquet et Lange. Cet air, dont une partie a ainsi servi à la combustion de l'huile, forme avec elle, en l'oxigénant, du gaz acide carbonique et de l'eau. Une partie de cette eau se condense sur les parois du bocal A, une autre partie est tenue en dissolution dans l'air par la chaleur de la combustion : mais cet air qui est poussé par la pression qu'il reçoit du gazomètre, est obligé de passer par le tuyau 12, 13, 14, et 15, d'où il est conduit dans la bouteille 16 et dans le serpentin 17 et 18, où l'eau achève de se condenser à mesure que l'air se refroidit. Enfin si quelque peu d'eau restoit encore en dissolution dans l'air, elle seroit absorbée par le sel déliquescent contenu dans le tube 19 et 20.

Toutes les précautions qu'on vient d'indiquer n'ont d'autre objet que de recueillir l'eau qui s'est formée, et d'en déterminer la quantité : il reste ensuite à évaluer l'acide carbonique et le gaz azote. On y parvient au moyen des bou-

teilles 22 et 25, qui sont à moitié remplies de potasse en liqueur et dépouillée d'acide carbonique par la chaux. L'air qui a servi à la combustion, y est conduit par les tuyaux 20, 21, 23 et 24, et il y dépose le gaz acide carbonique qu'il contient. On n'a représenté dans cette figure, pour la simplifier, que deux bouteilles remplies de potasse en liqueur; mais il en faut beaucoup davantage, et je ne crois pas qu'on puisse en employer moins de neuf. Il est bon de mettre dans la dernière de l'eau de chaux, qui est le réactif le plus sûr et le plus sensible pour reconnoître l'acide carbonique: si elle ne se trouble pas, on peut être assuré qu'il ne reste pas de gaz acide carbonique dans l'air, du moins en quantité sensible.

Il ne faut pas croire que l'air qui a servi à la combustion, lorsqu'il a traversé les neuf bouteilles, ne contienne plus que du gaz azote; il est encore mêlé d'une assez grande quantité de gaz oxigène qui a échappé à la combustion. On fait passer ce mélange à travers un sel déliquescent contenu dans le tube de verre 28 et 29, afin de le dépouiller des portions d'eau qu'il auroit pu dissoudre en traversant les bouteilles de potasse et d'eau de chaux. Enfin on conduit le résidu d'air à un gazomètre par le tuyau 29 et 30: on en détermine la quantité;

quantité ; on en prend des échantillons qu'on essaye par le sulfure de potasse, afin de savoir la proportion de gaz oxygène et de gaz azote qu'il contient.

On sait que, dans la combustion des huiles, la mèche se charbonne au bout d'un certain tems, et qu'elle s'obstrue. Il y a d'ailleurs une longueur déterminée de mèche qu'il faut atteindre, mais qu'il ne faut pas outre-passer, sans quoi il monte par les tuyaux capillaires de la mèche plus d'huile que le courant d'air n'en peut consommer, et la lampe fume. Il étoit donc nécessaire qu'on pût alonger ou raccourcir la mèche de dehors, et sans ouvrir l'appareil : c'est à quoi on est parvenu, au moyen de la tige 31, 32, 33 et 34, qui passe à travers une boîte à cuir, et qui répond au porte-mèche. On a donné à cette tige un mouvement très-doux, au moyen d'un pignon qui engrène dans une crémaillère. On voit cette tige et ses accessoires représentés séparément, *pl. XII, fig. 3.*

Il m'a semblé encore qu'en enveloppant la flamme de la lampe avec un petit bocal de verre ouvert par les deux bouts, la combustion en alloit mieux. Ce bocal est en place dans la *planche XI.*

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails

sur la construction de cet appareil, qui est susceptible d'être changé et modifié de différentes manières. Je me contenterai d'ajouter que, lorsqu'on veut opérer, on commence par peser la lampe avec son réservoir et l'huile qu'elle contient; qu'on la met en place; qu'on l'allume; qu'après avoir donné de l'air en ouvrant le robinet du gazomètre, on place le bocal A; qu'on l'assujettit au moyen d'une petite planche BC, sur laquelle il repose, et de deux tiges de fer qui la traversent et qui se vissent au couvercle. Il y a de cette manière un peu d'huile brûlée pendant qu'on ajuste le bocal au couvercle, et l'on en perd le produit; il y a également une petite portion d'air qui s'échappe du gazomètre, et qu'on ne peut recueillir; mais ces quantités sont peu considérables dans des expériences en grand; elles sont d'ailleurs susceptibles d'être évaluées.

Je rendrai compte, dans les Mémoires de l'académie, des difficultés particulières attachées à ce genre d'expériences, et des moyens de les lever. Ces difficultés sont telles, qu'il ne m'a pas encore été possible d'obtenir des résultats rigoureusement exacts pour les quantités. J'ai bien la preuve que les huiles fixes se résolvent entièrement en eau et en gaz acide carbonique, qu'elles sont composées d'hydrogène et de carbone;

mais je n'ai rien d'absolument certain sur les proportions.

§. III.

De la Combustion de l'Esprit-de-vin ou Alkool.

La combustion de l'alkool peut à la rigueur se faire dans l'appareil qui a été décrit ci-dessus pour la combustion du charbon et pour celle du phosphore. On place sous une cloche A, *planche IV, fig. 3*, une lampe remplie d'alkool; on attache à la mêche un atôme de phosphore, et on allume avec un fer recourbé qu'on passe par-dessous la cloche : mais cette manière d'opérer est susceptible de beaucoup d'inconvéniens. Il seroit d'abord imprudent d'employer du gaz oxygène, par la crainte de la détonation : on n'est pas même entièrement exempt de ce risque, lorsque l'on emploie de l'air atmosphérique, et j'en ai fait, en présence de quelques membres de l'Académie, une épreuve qui a pensé leur devenir funeste ainsi qu'à moi. Au lieu de préparer l'expérience comme j'étois dans l'habitude de le faire, au moment même où je devois opérer, je l'avois disposée dès la veille. L'air atmosphérique contenu dans la cloche, avoit eu en conséquence le tems de dissoudre de l'alkool : la vaporisation de l'alkool

avoit même été favorisée par la hauteur de la colonne de mercure que j'avois élevée en E F, *planche IV, fig. 3.* En conséquence, au moment où je voulus allumer le petit morceau de phosphore et la lampe avec le fer rouge, il se fit une détonation violente qui enleva la cloche et qui la brisa en mille pièces contre le plancher du laboratoire. Il résulte de l'impossibilité où l'on est d'opérer dans du gaz oxygène, qu'on ne peut brûler par ce moyen que de très-petites quantités d'alkool, de 10 à 12 grains par exemple, et les erreurs qu'on peut commettre sur d'aussi petites quantités, ne permettent de prendre aucune confiance dans les résultats. J'ai essayé dans les expériences dont j'ai rendu compte à l'Académie (*Voy. Mém. Acad. année* 1784, *pag.* 593) de prolonger la durée de la combustion, en allumant la lampe d'alkool dans l'air ordinaire, et en refournissant ensuite du gaz oxygène sous la cloche à mesure qu'il s'en étoit consommé; mais le gaz acide carbonique qui se forme met obstacle à la combustion, d'autant plus que l'alkool est peu combustible, et qu'il brûle difficilement dans de l'air moins bon que l'air commun; on ne peut donc encore brûler de cette manière que de très-petites quantités d'alkool.

Peut-être cette combustion réussiroit-elle

dans l'appareil représenté *planche XI ;* mais je n'ai pas osé l'y tenter. Le bocal A où se fait la combustion, a environ 1400 pouces cubiques de capacité ; et s'il se faisoit une détonation dans un aussi grand vaisseau, elle auroit des suites terribles dont il seroit difficile de se garantir. Je ne renonce pas cependant à la tenter.

C'est par une suite de ces difficultés que je me suis borné jusqu'ici à des expériences très en petit sur l'alkool, ou bien à des combustions faites dans des vaisseaux ouverts, comme dans l'appareil représenté *pl. IX, fig 5*, dont je donnerai la description dans le §. 5 de ce chapitre.

Je reprendrai dans d'autres tems la suite de ce travail, si du moins je puis parvenir à lever les obstacles qu'il m'a présentés jusqu'ici.

§. I V.

De la Combustion de l'Ether.

La combustion de l'éther en vaisseaux clos, ne comporte pas précisément les mêmes difficultés que celle de l'alkool ; mais elle en présente d'un autre genre qui ne sont pas moins difficiles à vaincre, et qui m'arrêtent encore dans ce moment.

J'avois cru pouvoir profiter, pour opérer

cette combustion, de la propriété qu'a l'éther de se dissoudre dans l'air de l'atmosphère, et de le rendre inflammable sans détonation. J'ai fait construire, d'après cette idée, un réservoir à éther *a b c d*, *pl. XII*, *fig. 8*, auquel l'air du gazomètre est amené par un tuyau 1, 2, 3, 4. Cet air se répand d'abord dans un double fond pratiqué à la partie supérieure *a c* du réservoir. Là il se distribue par sept tuyaux descendans *e f*, *g h*, *i k*, *etc.* et la pression qu'il reçoit de la part du gazomètre, l'oblige de bouillonner à travers l'éther contenu dans le vase *a b c d*.

On peut, à mesure que l'éther est ainsi dissous et emporté par l'air, en rendre au réservoir *a b c d*, au moyen d'un réservoir supplémentaire E, porté par un tuyau de cuivre *o p*, de 15 à 18 pouces de haut, et qui se ferme au moyen d'un robinet. J'ai été obligé de donner une assez grande hauteur à ce tuyau, afin que l'éther qui est contenu dans le flacon E puisse vaincre la résistance occasionnée par la pression exercée par le gazomètre.

L'air ainsi chargé de vapeurs d'éther est repris par le tuyau 5, 6, 7, 8, 9, et conduit dans le bocal A, où il s'échappe par un ajutoir très-fin à l'extrémité duquel on l'allume. Ce même air, après avoir servi à la combustion, passe par la bouteille 16, *planche XI*, par le ser-

pentin 17 et 18, et par le tube déliquescent où il dépose l'eau dont il s'étoit chargé; le gaz acide carbonique est ensuite absorbé par l'alkali contenu dans les bouteilles 22 et 25.

Je supposois, lorsque j'ai fait construire cet appareil, que la combinaison d'air atmosphérique et d'éther qui s'opère dans le réservoir *abcd, planche XII, figure 8*, étoit dans la juste proportion qui convient à la combustion, et c'est en quoi j'étois dans l'erreur : il y a un excès d'éther très-considérable, et il faut en conséquence une nouvelle combinaison d'air atmosphérique pour opérer la combustion totale. Il en résulte qu'une lampe construite de cette manière brûle dans l'air ordinaire qui fournit la quantité d'oxygène manquante pour la combustion; mais qu'elle ne peut brûler dans des vaisseaux où l'air ne se renouvelle pas. Aussi la lampe s'éteignoit-elle peu de tems après qu'elle étoit enfermée dans le bocal A, *planche XII, figure 8.* Pour remédier à cet inconvénient, j'ai essayé d'amener à cette lampe de l'air atmosphérique par un tuyau latéral 9, 10, 11, 12, 13, 14 et 15; et je l'ai distribué circulairement autour de la mèche : mais quelque léger que fût le courant d'air, la flamme étoit si mobile, elle tenoit si peu à la mèche, qu'il suffisoit pour la souffler; en sorte que je

n'ai point encore pu réussir à la combustion de l'éther. Je ne désespère cependant pas d'y parvenir, au moyen de quelques changemens que je fais faire à cet appareil.

§. V.

De la Combustion du Gaz hydrogène, et de la Formation de l'Eau.

La formation de l'eau a cela de particulier, que les deux substances qui y concourent, l'oxygène et l'hydrogène, sont l'une et l'autre dans l'état aériforme avant la combustion, et que l'une et l'autre se transforment, par le résultat de cette opération, en une substance liquide, qui est l'eau.

Cette combustion seroit donc fort simple, et n'exigeroit pas des appareils fort compliqués, s'il étoit possible de se procurer des gaz oxygène et hydrogène parfaitement purs, et qui fussent combustibles sans reste. On pourroit alors opérer dans de très-petits vaisseaux ; et en y refournissant continuellement les deux gaz dans la proportion convenable, on continueroit indéfiniment la combustion. Mais jusqu'ici les chimistes n'ont encore employé que du gaz oxygène mélangé de gaz azote. Il en a résulté qu'ils n'ont pu entretenir que pendant un tems limité et très-court la combustion du gaz hydro-

gène dans des vaisseaux clos; et, en effet, le résidu de gaz azote augmentant continuellement, la flamme s'affoiblit, et elle finit par s'éteindre. Cet inconvénient est d'autant plus grand, que le gaz oxygène qu'on emploie est moins pur : il faut alors, ou cesser la combustion, et se résoudre à n'opérer que sur de petites quantités, ou refaire le vide pour se débarrasser du gaz azote : mais, dans ce dernier cas, on vaporise une portion de l'eau qui s'est formée, et il en résulte une erreur d'autant plus dangereuse, qu'on n'a pas de moyen sûr de l'apprécier.

Ces réflexions me font desirer de pouvoir répéter un jour les principales expériences de la chimie pneumatique avec du gaz oxygène absolument exempt de mélange de gaz azote, et le sel muriatique oxygéné de potasse en fournit les moyens. Le gaz oxygène qu'on en retire ne paroît contenir de l'azote qu'accidentellement; en sorte qu'avec des précautions, on pourra l'obtenir parfaitement pur. En attendant que j'aye pu reprendre cette suite d'expériences, voici l'appareil que nous avons employé, M. Meusnier et moi, pour la combustion du gaz hydrogène. Il n'y aura rien à y changer, lorsqu'on aura pu se procurer des gaz purs, si ce n'est qu'on pourra diminuer la capacité du vase où se fait la combustion.

J'ai pris un matras ou ballon à large ouverture A, *pl. IV, fig. 5*, et j'y ai adapté une platine BC, à laquelle étoit soudée une douille creuse de cuivre *g* F D, fermée par le haut, et à laquelle venoient aboutir trois tuyaux. Le premier *d* D *d'* se terminoit en *d'* par une ouverture très-petite, et à peine capable de laisser passer une aiguille fine; il communiquoit avec le gazomètre représenté *pl. VIII, fig. 1*, lequel étoit rempli de gaz hydrogène. Le tuyau opposé *gg* communiquoit avec un autre gazomètre tout semblable, qui étoit rempli de gaz oxygène: un troisième tuyau H *h* s'adaptoit à une machine pneumatique, pour qu'on pût faire le vide dans le ballon A. Enfin la platine B C étoit en outre percée d'un trou garni d'un tube de verre, à travers lequel passoit un fil de métal *g* L, à l'extrémité duquel étoit adaptée une petite boule L de cuivre, afin qu'on pût tirer une étincelle électrique de L en *d'*, et allumer ainsi le gaz hydrogène amené par le tuyau *d* D *d'*.

Pour que les deux gaz arrivassent aussi secs qu'il étoit possible, on avoit rempli deux tubes MM, NN, d'un pouce et demi de diamètre environ, et d'un pied de longueur, avec de la potasse concrète bien dépouillée d'acide carbonique, et concassée en morceaux assez gros pour que les gaz pussent passer librement

entre les interstices. J'ai éprouvé depuis que du nitrate ou du muriate de chaux bien secs et en poudre grossière, étoient préférables à la potasse, et qu'ils enlevoient plus d'eau à une quantité donnée d'air.

Pour opérer avec cet appareil, on commence par faire le vide dans le ballon A, au moyen de la pompe pneumatique adaptée au tuyau F H *h*; après quoi on y introduit du gaz oxygène, en tournant le robinet *r* du tube *gg*. Le degré du limbe du gazomètre observé avant et après l'introduction du gaz, indique la quantité qui en est entrée dans le ballon. On ouvre ensuite le robinet *s* du tube *d*D*d'*, afin de faire arriver le gaz hydrogène; et aussi-tôt, soit avec une machine électrique, soit avec une bouteille de Leyde, on fait passer une étincelle de la boule L à l'extrémité *d'* du tube par lequel se fait l'écoulement du gaz hydrogène, et il s'allume aussi-tôt. Il faut, pour que la combustion ne soit ni trop lente ni trop rapide, que le gaz hydrogène arrive avec une pression d'un pouce et demi à deux pouces d'eau, et que le gaz oxygène n'arrive, au contraire, qu'avec trois lignes au plus de pression.

La combustion ainsi commencée, elle se continue, mais en s'affoiblissant à mesure que la quantité de gaz azote qui reste de la combustion

des deux gaz augmente. Il arrive enfin un moment où la portion de gaz azote devient telle, que la combustion ne peut plus avoir lieu, et alors la flamme s'éteint. Il faut faire en sorte de prévenir cette extinction spontanée, parce qu'au moyen de ce qu'il y a pression plus forte dans le réservoir de gaz hydrogène que dans celui de gaz oxygène, il se feroit un mélange des deux dans le ballon, et que ce mélange passeroit ensuite dans le réservoir de gaz oxygène. Il faut donc arrêter la combustion en fermant le robinet du tuyau *d* D *d'*, dès qu'on s'apperçoit que la flamme s'affoiblit à un certain point, et avoir une grande attention pour ne point se laisser surprendre.

A une première combustion ainsi faite, on peut en faire succéder une seconde, une troisième, etc. On refait alors le vide comme la première fois; on remplit le ballon de gaz oxygène, on ouvre le robinet du tuyau par lequel s'introduit le gaz hydrogène, et on allume par l'étincelle électrique.

Pendant toutes ces opérations, l'eau qui se forme, se condense sur les parois du ballon, et ruisselle de toutes parts : elle se rassemble au fond, et il est aisé d'en déterminer le poids, quand on connoît celui du ballon. Nous rendrons compte un jour, M. Meusnier et moi,

des détails de l'expérience que nous avons faite avec cet appareil, dans les mois de janvier et de février 1785, en présence d'une grande partie des membres de l'académie. Nous avons tellement multiplié les précautions, que nous avons lieu de la croire exacte. D'après le résultat que nous avons obtenu, 100 parties d'eau en poids sont composées de 85 d'oxygène et de 15 d'hydrogène.

Il est encore un autre appareil pour la combustion, avec lequel on ne peut pas faire des expériences aussi exactes qu'avec les précédens, mais qui présente un résultat très-frappant et très-propre à être présenté dans un cours de physique et de chimie. Il consiste dans un serpentin EF, *planche IX, figure 5*, renfermé dans un seau de métal ABCD. A la partie supérieure E du tuyau de ce serpentin, on adapte une cheminée GH, composée d'un double tuyau; savoir, de la continuation du serpentin et d'un tuyau de fer-blanc qui l'environne. Ces deux tuyaux laissent entr'eux un intervalle d'un pouce environ, qu'on remplit avec du sable.

A l'extrémité inférieure du tuyau intérieur K, s'adapte un tube de verre, et au-dessous une lampe à esprit-de-vin LM, à la Quinquet.

Les choses ainsi préparées, et la quantité d'alkool contenue dans la lampe ayant été bien

déterminée, on allume. L'eau qui se forme pendant la combustion de l'alkool, s'élève par le tube K E ; elle se condense dans le serpentin contenu dans le seau A B C D, et va ressortir en état d'eau par l'extrémité F du tube où elle est reçue dans une bouteille P.

La double enveloppe G H est destinée à empêcher que le tube ne se refroidisse dans sa partie montante, et que l'eau ne s'y condense. Elle redescendroit le long du tube, sans qu'on pût en déterminer la quantité ; il pourroit d'ailleurs en retomber sur la mêche des gouttes, qui ne manqueroient pas de l'éteindre. L'objet de cet appareil est donc d'entretenir toujours chaude toute la partie G H, que j'appelle la cheminée, et toujours froide, au contraire, la partie qui forme le serpentin proprement dit ; en sorte que l'eau soit toujours dans l'état de vapeurs dans la partie montante, et qu'elle se condense si-tôt qu'elle est engagée dans la partie descendante. Cet appareil a été imaginé par M. Meusnier : j'en ai donné la description dans les Mémoires de l'académie, année 1784, pag. 593 et 594. On peut, en opérant avec précaution, c'est-à-dire en entretenant l'eau qui environne le serpentin, toujours froide, retirer près de 17 onces d'eau de la combustion de 16 onces d'esprit-de-vin ou alkool.

§. VI.

De l'Oxidation des Métaux.

On désigne principalement par le nom de calcination ou oxidation, une opération dans laquelle les métaux exposés à un certain degré de chaleur se convertissent en oxide, en absorbant l'oxygène de l'air. Cette combinaison se fait en raison de ce que l'oxygène a plus d'affinité, du moins à un certain degré de température, avec les métaux, qu'il n'en a avec le calorique. En conséquence, le calorique devient libre, et se dégage : mais comme l'opération, lorsqu'elle se fait dans l'air commun, est successive et lente, le dégagement du calorique est peu sensible. Il n'en est pas de même lorsque la calcination s'opère dans le gaz oxygène ; elle se fait alors d'une manière beaucoup plus rapide ; elle est souvent accompagnée de chaleur et de lumière, en sorte qu'on ne peut douter que les substances métalliques ne soient de véritables corps combustibles.

Les métaux n'ont pas tous le même degré d'affinité pour l'oxygène. L'or et l'argent, par exemple, et même le platine, ne peuvent l'enlever au calorique, à quelque degré de chaleur que ce soit. Quant aux autres métaux, ils s'en

chargent d'une quantité plus ou moins grande; et, en général, ils en absorbent jusqu'à ce que ce principe soit en équilibre entre la force du calorique qui le retient et celle du métal qui l'attire. Cet équilibre est une loi générale de la nature dans toutes les combinaisons.

Dans les opérations de docimasie, et dans toutes celles relatives aux arts, on accélère l'oxidation du métal, en donnant un libre accès à l'air extérieur. Quelquefois même on y joint l'action d'un soufflet dont le courant est dirigé sur la surface du métal. L'opération est encore plus rapide, si on souffle du gaz oxygène; ce qui est très-facile, à l'aide du gazomètre dont j'ai donné la description. (*Voy.* tom. I, p. 346.) Alors le métal brûle avec flamme, et l'oxidation est terminée en quelques instans; mais on ne peut employer ce dernier moyen que pour des expériences très en petit, à cause de la cherté du gaz oxygène.

Dans l'essai des mines, et en général dans toutes les opérations courantes des laboratoires, on est dans l'usage de calciner ou oxider les métaux sur un plat ou soucoupe de terre cuite, *pl. IV, fig. 6*, qu'on place sur un bon fourneau: on nomme ces plats ou soucoupes *têts à rôtir*. De tems en tems, on remue la matière qu'on veut calciner, afin de renouveler les surfaces.

Toutes

Toutes les fois qu'on opère sur une substance métallique qui n'est pas volatile, et qu'il ne se dissipe rien pendant l'opération, il y a augmentation de poids du métal. Mais des expériences faites ainsi en plein air, n'auroient jamais conduit à reconnoître la cause de l'augmentation du poids des métaux pendant leur oxidation. Ce n'est que du moment où l'on a commencé à opérer dans des vaisseaux fermés et dans des quantités déterminées d'air, qu'on a été véritablement sur la voie de la découverte des causes de ce phénomène. Un premier moyen qu'on doit à M. Priestley, consiste à exposer le métal qu'on se propose de calciner, sur une capsule N de porcelaine, *planche IV, fig. 11*, placée sur un support un peu élevé IK; à le recouvrir avec une cloche de cristal A plongée dans un bassin plein d'eau BCDE, et à élever l'eau jusqu'en GH, en suçant l'air de la cloche avec un siphon qu'on passe par-dessous : on fait ensuite tomber sur le métal le foyer d'un verre ardent. En quelques minutes l'oxidation s'opère ; une partie de l'oxygène contenu dans l'air se combine avec le métal ; il y a une diminution proportionnée dans le volume de l'air, et ce qui reste n'est plus que du gaz azote, encore mêlé cependant d'une petite quantité de gaz oxygène. J'ai exposé le détail des expériences que

j'ai faites avec cet appareil dans mes opuscules physiques et chimiques, imprimées en 1773, pages 283, 284, 285 et 286. On peut substituer le mercure à l'eau, et l'expérience n'en est que plus concluante.

Un autre procédé dont j'ai exposé le résultat dans les Mémoires de l'Académie, année 1774, page 351, et dont la première idée appartient à Boyle, consiste à introduire le métal sur lequel on veut opérer dans une cornue A, *pl. III, fig. 20*, dont on tire à la lampe l'extrémité du col, et qu'on ferme hermétiquement en C. On oxide ensuite le métal, en tenant la cornue sur un feu de charbon, et en la chauffant avec précaution. Le poids du vaisseau et des matières qu'il contient, ne change pas tant qu'on n'a pas rompu l'extrémité C du bec de la cornue; mais si-tôt qu'on procure à l'air extérieur une issue pour rentrer, il le fait avec sifflement.

Cette opération ne seroit pas sans quelque danger, si on scelloit hermétiquement la cornue sans avoir fait sortir auparavant une portion de l'air qu'elle contenoit; la dilatation occasionnée par la chaleur pourroit faire éclater le vaisseau, avec risque pour ceux qui le tiendroient ou qui seroient dans le voisinage. Pour prévenir ce danger, on doit faire chauffer la cornue avant de la sceller à la lampe, et en faire sortir une

portion d'air qu'on reçoit sous une cloche dans l'appareil pneumato-chimique, afin de pouvoir en déterminer la quantité.

Je n'ai point multiplié, autant que je l'aurois desiré, ces oxidations, et je n'ai obtenu de résultats satisfaisans qu'avec l'étain : le plomb ne m'a pas bien réussi. Il seroit à souhaiter que quelqu'un voulût bien reprendre ce travail, et tenter l'oxidation dans différens gaz ; il seroit, je crois, bien dédommagé des peines attachées à ce genre d'expériences.

Tous les oxides de mercure étant susceptibles de se revivifier sans addition, et de restituer dans son état de pureté l'oxygène qu'ils ont absorbé, aucun métal n'étoit plus propre à devenir le sujet d'expériences très-concluantes sur la calcination et l'oxidation des métaux. J'avois d'abord tenté pour opérer l'oxidation du mercure dans les vaisseaux fermés, de remplir une cornue de gaz oxygène, d'y introduire une petite portion de mercure, et d'adapter à son col une vessie à moitié remplie de gaz oxygène, comme on le voit représenté *pl. IV, fig. 12*. Je faisois ensuite chauffer le mercure de la cornue ; et en continuant très-long-temps l'opération, j'étois parvenu à en oxider une petite portion, et à former de l'oxide rouge qui nageoit à la surface ; mais la quantité de mercure

que je suis parvenu à oxider de cette manière, étoit si petite, que la moindre erreur commise dans la détermination des quantités de gaz oxygène avant et après l'oxidation, auroit jeté la plus grande incertitude sur mes résultats. J'étois toujours inquiet d'ailleurs, et non sans de justes raisons, qu'il ne se fût échappé de l'air à travers les pores de la vessie, d'autant plus qu'elle se racornit pendant l'opération par la chaleur du fourneau dans lequel on opère, à moins qu'on ne la recouvre de linges entretenus toujours humides.

On opère d'une manière plus sûre avec l'appareil représenté *planche IV, fig.* 2, voyez Mém. Acad. année 1775, page 580. Il consiste en une cornue A, au bec de laquelle on soude à la lampe d'émailleur un tuyau de verre recourbé B C D E, de 10 à 12 lignes de diamètre, qui s'engage sous une cloche F G contenue et retournée dans un bassin plein d'eau ou de mercure. Cette cornue est soutenue sur les barres d'un fourneau M M N N: on peut aussi se servir d'un bain de sable. On parvient avec cet appareil à oxider en plusieurs jours un peu de mercure dans l'air ordinaire, et à obtenir un peu d'oxide rouge qui nage à la surface: on peut même le rassembler, le revivifier et comparer les quantités de gaz obtenu avec l'absorption

qui a eu lieu pendant la calcination (*voyez* Tom. I, page 55, les détails que j'ai donnés sur cette expérience); mais ce genre d'opérations ne pouvant se faire que très en petit, il reste toujours de l'incertitude sur les quantités.

La combustion du fer dans le gaz oxygène étant une véritable oxidation, je dois en faire mention ici. L'appareil qu'emploie M. Ingen-Housz pour cette opération, est représenté *pl. IV, fig. 17*. J'en ai déjà donné la description, Tom. I, p. 41, et je ne puis qu'y renvoyer.

On peut aussi brûler et oxider du fer sous des cloches de verre remplies de gaz oxygène, de la même manière qu'on brûle du phosphore ou du charbon. On se sert également pour cette opération de l'appareil représenté *pl. IV, fig. 3*, et dont j'ai donné la description, Tom. I, p. 61. Il faut dans cette expérience, comme dans la combustion, attacher à l'une des extrémités du fil de fer, ou des copeaux de fer qu'on se propose de brûler, un petit morceau d'amadou et un atome de phosphore : le fer chaud qu'on passe sous la cloche allume le phosphore; celui-ci allume l'amadou, et l'inflammation se communique au fer. M. Ingen-Housz nous a appris qu'on pouvoit brûler ou oxider de la même manière tous les métaux, à l'exception de l'or, de l'argent et du mercure. Il ne s'agit que de se procurer

ces métaux en fils très-fins ou en feuilles minces coupées par bandes; on les tortille avec du fil de fer, et ce dernier métal communique aux autres la propriété de s'enflammer et de s'oxider.

Nous venons de voir comment on parvenoit à oxider de très-petites quantités de mercure dans les vaisseaux fermés et dans des volumes d'air limités : ce n'est de même qu'avec beaucoup de peine qu'on parvient à oxider ce métal, même à l'air libre. On se sert ordinairement dans les laboratoires pour cette opération d'un matras A, *planche IV*, *fig. 10*, à cul très-plat, qui a un col BC très-alongé et terminé par une très-petite ouverture : ce vaisseau porte le nom d'*enfer de Boyle*. On y introduit assez de mercure pour couvrir son fond, et on le place sur un bain de sable qu'on entretient à un degré de chaleur fort approchant du mercure bouillant. En continuant ainsi pendant plusieurs mois, avec cinq ou six de ces matras, et en renouvelant de temps en temps le mercure, on parvient à obtenir quelques onces de cet oxide.

Cet appareil a un grand inconvénient, c'est que l'air ne s'y renouvelle pas assez; mais d'un autre côté, si on donnoit à l'air extérieur une circulation trop libre, il emporteroit avec lui

du mercure en dissolution, et au bout de quelques jours, on n'en retrouveroit plus dans le vaisseau. Comme de toutes les expériences que l'on peut faire sur l'oxidation des métaux, celles sur le mercure sont les plus concluantes, il seroit à souhaiter qu'on pût imaginer un appareil simple au moyen duquel on pût démontrer cette oxidation et les résultats qu'on en obtient dans les cours publics. On y parviendroit, ce me semble, par des moyens analogues à ceux que j'ai décrits pour la combustion des huiles ou du charbon; mais je n'ai pu reprendre encore ce genre d'expériences.

L'oxide de mercure se revivifie, comme je l'ai dit, sans addition; il suffit de le faire chauffer à un degré de chaleur légèrement rouge. L'oxygène à ce degré a plus d'affinité avec le calorique qu'avec le mercure, et il se forme du gaz oxygène; mais ce gaz est toujours mêlé d'un peu de gaz azote, ce qui indique que le mercure en absorbe une petite portion pendant son oxidation. Il contient aussi presque toujours un peu de gaz acide carbonique; ce qu'on doit sans doute attribuer aux ordures qui s'y mêlent, qui se charbonnent et qui convertissent ensuite une portion de gaz oxygène en gaz acide carbonique.

Si les Chimistes étoient réduits à tirer de

l'oxide de mercure fait par voie de calcination, tout le gaz oxygène qu'ils employent dans leurs expériences, le prix excessif de cette préparation rendroit absolument impraticables les expériences un peu en grand. Mais on peut également oxigéner le mercure par l'acide nitrique, et on obtient un oxide rouge, plus pur que celui même qui a été fait par voie de calcination. On le trouve tout préparé dans le commerce et à un prix modéré : il faut choisir de préférence celui qui est en morceaux solides, et formé de lames douces au toucher et qui tiennent ensemble. Celui qui est en poudre est quelquefois mélangé d'oxide rouge de plomb : il ne paroît pas que celui en morceaux solides soit susceptible de la même altération. J'ai quelquefois essayé de préparer moi-même cet oxide par l'acide nitrique : la dissolution du métal faite, j'évaporois jusqu'à siccité, et je calcinois le sel ou dans des cornues ou dans des capsules faites avec des fragmens de matras coupés par la méthode que j'ai indiquée ; mais jamais je n'ai pu parvenir à l'avoir aussi beau que celui du commerce. On le tire, je crois, de Hollande.

Pour obtenir le gaz oxygène de l'oxide de mercure, j'ai coutume de me servir d'une cornue de porcelaine à laquelle j'adapte un long

tube de verre qui s'engage sous des cloches dans l'appareil pneumato-chimique à l'eau. Je place au bout du tube un vase plongé dans l'eau, dans lequel se rassemble le mercure à mesure qu'il se revivifie. Le gaz oxygène ne commence à passer que quand la cornue devient rouge. C'est un principe général que M. Berthollet a bien établi, qu'une chaleur obscure ne suffit pas pour former du gaz oxygène; il faut de la lumière : ce qui semble prouver que la lumière est un de ses principes constituans. On doit dans la revivification de l'oxide rouge de mercure rejeter les premières portions de gaz qu'on obtient, parce qu'elles sont mêlées d'air commun en raison de celui contenu dans le vide des vaisseaux; mais avec cette précaution même, on ne parvient pas à obtenir du gaz oxygène parfaitement pur; il contient communément un dixième de gaz azote, et presque toujours une très-petite portion de gaz acide carbonique. On se débarrasse de ce dernier au moyen d'une liqueur alkaline caustique, à travers laquelle on fait passer le gaz qu'on a obtenu. A l'égard du gaz azote, on ne connoît aucun moyen de l'en séparer; mais on peut en connoître la quantité en laissant le gaz oxygène pendant une quinzaine de jours en contact avec du sulfure de soude ou de potasse.

Le gaz oxygène est absorbé; il forme de l'acide sulfurique avec le soufre, et il ne reste que le gaz azote seul.

Il y a beaucoup d'autres moyens de se procurer du gaz oxygène: on peut le tirer de l'oxide noir de manganèse ou de nitrate de potasse par une chaleur rouge, et l'appareil qu'on emploie est à-peu-près le même que celui que j'ai décrit pour l'oxide rouge de mercure. Il faut seulement un degré de chaleur plus fort et au moins égal à celui qui est susceptible de ramollir le verre: on ne peut en conséquence employer que des cornues de grès ou de porcelaine. Mais le meilleur de tous, c'est-à-dire le plus pur, est celui qu'on dégage du muriate oxygéné de potasse par la simple chaleur. Cette opération peut se faire dans une cornue de verre, et le gaz qu'on obtient est absolument pur, pourvu toutefois que l'on rejette les premières portions qui sont mêlées d'air des vaisseaux.

§. VII.

De la Détonation.

J'ai fait voir, Tom. I, chap. IX, pag. 103 et suiv. que l'oxygène, en se combinant dans les différens corps, ne se dépouilloit pas toujours de tout le calorique qui le constituoit dans l'état

de gaz ; qu'il entroit, par exemple, avec presque tout son calorique dans la combinaison qui forme l'acide nitrique et dans celle qui forme l'acide muriatique oxygéné ; en sorte que l'oxygène dans le nitre et sur-tout dans le muriate oxygéné, étoit jusqu'à un certain point dans l'état de gaz oxygène condensé et réduit au plus petit volume qu'il puisse occuper.

Le calorique dans ces combinaisons exerce un effort continuel sur l'oxygène, pour le ramener à l'état de gaz : l'oxygène en conséquence y tient peu ; la moindre force suffit pour lui rendre la liberté, et il reparoît souvent dans un instant presque indivisible dans l'état de gaz. C'est ce passage brusque de l'état concret à l'état aériforme qu'on a nommé détonation, parce qu'en effet il est ordinairement accompagné de bruit et de fracas. Le plus communément ces détonations s'opèrent par la combinaison du charbon, soit avec le nitre, soit avec le muriate oxygéné. Quelquefois pour faciliter encore l'inflammation, on y ajoute du soufre ; et c'est ce mélange fait dans de justes proportions et avec des manipulations convenables, qui constituent la poudre à canon.

L'oxygène par la détonation avec le charbon, change de nature, et il se convertit en acide carbonique. Ce n'est donc pas du gaz oxygène

qui se dégage, mais du gaz acide carbonique, du moins quand le mélange a été fait dans de justes proportions. Il se dégage en outre du gaz azote dans la détonation du nitre, parce que l'azote est un des principes constituans de l'acide nitrique.

Mais l'expansion subite et instantanée de ces gaz ne suffit pas pour expliquer tous les phénomènes relatifs à la détonation. Si cette cause y influoit seule, la poudre seroit d'autant plus forte, que la quantité de gaz dégagé dans un temps donné seroit plus considérable ; ce qui ne s'accorde pas toujours avec l'expérience. J'ai eu occasion d'éprouver des espèces de poudre à tirer, qui produisoient un effet presque double de la poudre ordinaire, quoiqu'elles donnassent un sixième de gaz de moins par la détonation. Il y a apparence que la quantité de calorique qui se dégage au moment de la détonation, contribue beaucoup à en augmenter l'effet, et on peut en concevoir plusieurs raisons. Premièrement, quoique le calorique pénètre assez librement à travers les pores de tous les corps, il ne peut cependant y passer que successivement et en un temps donné : lors donc que la quantité qui se dégage à-la-fois est trop considérable, et qu'elle est beaucoup plus grande que celle qui peut se débiter, s'il est

permis de se servir de cette expression, par les pores des corps, il doit agir à la manière des fluides élastiques ordinaires et renverser tout ce qui s'oppose à son passage. Une partie de cet effet doit avoir lieu, lorqu'on allume de la poudre dans un canon : quoique le métal qui le compose soit perméable pour le calorique, la quantité qui s'en dégage à la fois est tellement grande, qu'elle ne trouve pas une issue assez prompte à travers les pores du métal; elle fait donc un effort en tout sens, et c'est cet effort qui est employé à chasser le boulet.

Secondement, le calorique produit nécessairement un second effet qui dépend également de la force répulsive que ses molécules paroissent exercer les unes sur les autres : il dilate les gaz qui se dégagent au moment de l'inflammation de la poudre, et cette dilatation est d'autant plus grande que la température est plus élevée.

Troisièmement; il est possible qu'il y ait décomposition de l'eau dans l'inflammation de la poudre, et qu'elle fournisse de l'oxygène au charbon pour former de l'acide carbonique. Si les choses se passent ainsi, il doit se dégager rapidement, au moment de la détonation de la poudre, une grande quantité de gaz hydrogène qui se débande et qui contribue à augmenter la force de l'explosion. On sentira com-

bien cette circonstance doit contribuer à augmenter l'effet de la poudre, si l'on considère que le gaz hydrogène ne pèse qu'un grain deux tiers par pinte; qu'il n'en faut par conséquent qu'une très-petite quantité en poids pour occuper un très-grand espace, et qu'il doit exercer une force expansive prodigieuse, quand il passe de l'état liquide à l'état aériforme.

Quatrièmement enfin, une portion d'eau, non-décomposée, doit se réduire en vapeurs dans l'inflammation de la poudre, et l'on sait que dans l'état de gaz elle occupe un volume 17 à 18 cent fois plus grand que lorsqu'elle est dans l'état liquide.

J'ai déjà fait une assez grande suite d'expériences sur la nature des fluides élastiques qui se dégagent de la détonation du nitre avec le charbon et avec le soufre ; j'en ai fait aussi quelques-unes avec le muriate oxygéné de potasse. C'est un moyen qui conduit à des connoissances assez précises sur les parties constituantes de ces sels, et j'ai déjà donné, Tome XI du recueil des Mémoires présentés à l'Académie par des savans étrangers, page 625, quelques résultats principaux de mes expériences et des conséquences auxquelles elles m'ont conduit relativement à l'analyse de l'acide nitrique. Maintenant que je me suis procuré des appareils

plus commodes, je me prépare à répéter les mêmes expériences un peu plus en grand; et j'obtiendrai plus de précision dans les résultats : en attendant, je vais rendre compte des procédés que j'ai adoptés et employés jusqu'à présent. Je recommande avec bien de l'instance à ceux qui voudront répéter quelques-unes de ces expériences, d'y apporter une extrême prudence; de se méfier de tout mélange où il entre du salpêtre, du charbon et du soufre, et plus encore de ceux dans lesquels il entre du sel muriatique oxygéné de potasse combiné et mélangé avec ces deux matières.

Je me suis prémuni de canons de pistolets de six pouces de longueur environ et de cinq à six lignes de diamètre. J'en ai bouché la lumière avec une pointe de clou frappée à force, cassée dans le trou même, et sur laquelle j'ai fait couler un peu de soudure blanche de ferblantier, afin qu'il ne restât aucune issue à l'air par cette ouverture. On charge ces canons avec une pâte médiocrement humectée, faite avec des quantités bien connues de salpêtre et de charbon réduits en poudre impalpable, ou de tout autre mélange susceptible de détoner. A chaque portion de matière qu'on introduit dans le canon, on doit bourrer avec un bâton qui soit du même calibre, à-peu-près comme on

charge les fusées. La matière ne doit pas emplir le pistolet tout-à-fait jusqu'à sa bouche ; il est bon qu'il reste quatre ou cinq lignes de vide à l'extrémité : alors on ajoute un bout de 2 pouces de long environ de mêche nommée *étoupille*. La seule difficulté de ce genre d'expériences, sur-tout si l'on ajoute du soufre au mélange, est de saisir le point d'humectation convenable : si la matière est trop humide, elle n'est point susceptible de s'allumer ; si elle est trop sèche, la détonation est trop vive et peut devenir dangereuse.

Quand on n'a pas pour objet de faire une expérience rigoureusement exacte, on allume la mêche ; et quand elle est près de communiquer l'inflammation à la matière, on plonge le pistolet sous une grande cloche d'eau dans l'appareil pneumato-chimique. La détonation commencée, elle se continue sous l'eau, et le gaz se dégage avec plus ou moins de rapidité, suivant que la matière est plus ou moins sèche. Il faut, tant que la détonation dure, tenir le bout du pistolet incliné, afin que l'eau ne rentre pas dans l'intérieur. J'ai quelquefois recueilli ainsi le gaz produit par la détonation d'une once et demie ou de deux onces de nitre.

Il n'est pas possible, dans cette manière d'opérer, de connoître la quantité de gaz acide carbonique

carbonique qui se dégage, parce qu'une partie est absorbée par l'eau à mesure qu'il la traverse; mais l'acide carbonique une fois absorbé, il reste le gaz azote; et si on a la précaution de l'agiter pendant quelques minutes dans de la potasse caustique en liqueur, on l'obtient pur, et il est aisé d'en déterminer le volume et le poids. Il est même possible d'arriver, par cette méthode, à une connoissance assez précise de la quantité de gaz acide carbonique, en répétant l'expérience un grand nombre de fois, et en faisant varier les doses du charbon, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la juste proportion qui fait détonner la totalité du nitre. Alors, d'après le poids du charbon employé, on détermine celui d'oxygène qui a été nécessaire pour le saturer, et on en conclut la quantité d'oxygène contenu dans une quantité donnée de nitre.

Il est, au surplus, un autre moyen que j'ai pratiqué, et qui conduit à des résultats plus sûrs; c'est de recevoir dans des cloches remplies de mercure le gaz qui se dégage. Le bain de mercure que j'ai maintenant, est assez grand pour qu'on puisse y placer des cloches de douze à quinze pintes de capacité. De pareilles cloches, comme l'on sent, ne sont pas très-maniables quand elles sont remplies de mercure : aussi faut-il employer pour les remplir

des moyens particuliers que je vais indiquer. On place la cloche sur le bain de mercure; on passe par-dessous un siphon de verre dont on a adapté l'extrémité extérieure à une petite pompe pneumatique : on fait jouer le piston, et on élève le mercure jusqu'au haut de la cloche. Lorsqu'elle est ainsi remplie, on y fait passer le gaz de la détonation de la même manière que dans une cloche qui seroit remplie d'eau. Mais, je le répète, ce genre d'expériences exige les plus grandes précautions. J'ai vu quelquefois, quand le dégagement du gaz étoit trop rapide, des cloches pleines de mercure pesant plus de 150 livres, s'enlever par la force de l'explosion : le mercure jaillissoit au loin, et la cloche étoit brisée en un grand nombre d'éclats.

Lorsque l'expérience a réussi, et que le gaz est rassemblé sous la cloche, on en détermine le volume, comme je l'ai indiqué tom. I, p. 361 et 362. On y introduit ensuite un peu d'eau, depuis la potasse dissoute dans l'eau et dépouillée d'acide carbonique; et on parvient à en faire une analyse rigoureuse, comme je l'ai enseigné pag. 365 et suivantes.

Il me tarde d'avoir mis la dernière main aux expériences que j'ai commencées sur les détonations, parce qu'elles ont un rapport

immédiat avec les objets dont je suis chargé, et qu'elles jetteront, à ce que j'espère, quelques lumières sur les opérations relatives à la fabrication de la poudre.

CHAPITRE VIII.

Des Instrumens nécessaires pour opérer sur les corps à de très-hautes températures.

§. PREMIER.

De la Fusion.

LORSQU'ON écarte les unes des autres, par le moyen de l'eau, les molécules d'un sel, cette opération, comme nous l'avons vu plus haut, se nomme *solution*. Ni le dissolvant, ni le corps tenu en dissolution, ne sont décomposés dans cette opération : aussi dès l'instant que la cause qui tenoit les molécules écartées cesse, elles se réunissent, et la substance saline reparoît telle qu'elle étoit avant la solution.

On opère aussi de véritables solutions par le feu, c'est-à-dire, en introduisant et en accumulant entre les molécules d'un corps une grande quantité de calorique. Cette solution des corps par le feu se nomme *fusion*.

Les fusions, en général, se font dans des vases que l'on nomme creusets, et l'une des premières conditions est qu'ils soient moins fusibles que

la substance qu'ils doivent contenir. Les chimistes de tous les âges ont, en conséquence, attaché une grande importance à se procurer des creusets de matières très-réfractaires, c'est-à-dire, qui eussent la propriété de résister à un très-grand degré de feu. Les meilleurs sont ceux qui sont faits avec de l'argile très-pure ou de la terre à porcelaine. On doit éviter d'employer pour cet usage les argiles mélangées de silice ou de terre calcaire, parce qu'elles sont trop fusibles. Toutes celles qu'on tire aux environs de Paris sont dans ce cas : aussi les creusets qu'on fabrique dans cette ville fondent-ils à une chaleur assez médiocre, et ne peuvent-ils servir que dans un très-petit nombre d'opérations chimiques. Ceux qui viennent de Hesse sont assez bons ; mais on doit préférer ceux de terre de Limoges qui paroissent être absolument infusibles. Il existe en France un grand nombre d'argiles propres à faire des creusets ; telle est celle, par exemple, dont on se sert pour les creusets de la glacerie de Saint-Gobin.

On donne aux creusets différentes formes, suivant les opérations auxquelles on se propose de les employer. On a représenté celles qui sont le plus usitées dans les *fig. 7, 8, 9 et 10* de la *planche VII.* Ceux représentés *figure 9*, qui

sont presque fermés par en haut, se nomment *tutes.*

Quoique la fusion puisse souvent avoir lieu sans que le corps qui y est soumis change de nature et se décompose, cette opération est cependant aussi un des moyens de décomposition et de recomposition que la chimie emploie. C'est par la fusion qu'on extrait tous les métaux de leurs mines, qu'on les revivifie, qu'on les moule, qu'on les allie les uns aux autres; c'est par elle que l'on combine l'alkali et le sable pour former du verre, que se fabriquent les pierres colorées, les émaux, etc.

Les anciens chimistes employoient beaucoup plus fréquemment l'action d'un feu violent, que nous ne le faisons aujourd'hui. Depuis qu'on a introduit plus de rigueur dans la manière de faire des expériences, on préfère la voie humide à la voie sèche, et on n'a recours à la fusion que lorsqu'on a épuisé tous les autres moyens d'analyse.

Pour appliquer aux corps l'action du feu, on se sert de fourneaux, et il me reste à décrire ceux qu'on emploie pour les différentes opérations de la chimie.

§. II.

Des Fourneaux.

Les fourneaux sont les instrumens dont on fait le plus d'usage en chimie : c'est de leur bonne ou de leur mauvaise construction que dépend le sort d'un grand nombre d'opérations ; en sorte qu'il est d'une extrême importance de bien monter un laboratoire en ce genre. Un fourneau est une espèce de tour cylindrique creuse A B C D, quelquefois un peu évasée par le haut, *pl. XIII, fig. 1.* Elle doit avoir au moins deux ouvertures latérales, une supérieure F qui est la porte du foyer, une inférieure G qui est la porte du cendrier.

Dans l'intervalle de ces deux portes, le fourneau est partagé en deux par une grille placée horizontalement, qui forme une espèce de diaphragme, et qui est destinée à soutenir le charbon. On a indiqué la place de cette grille par la ligne H I. La capacité qui est au-dessus de la grille, c'est-à-dire, au-dessus de la ligne H I, se nomme foyer, parce qu'en effet c'est dans cette partie que l'on entretient le feu ; la capacité qui est au-dessous porte le nom du cendrier, par la raison que c'est dans cette partie que se rassemblent les cendres à mesure qu'elles se forment.

Le fourneau représenté *planc. XIII, fig. 1*, est le moins compliqué de tous ceux dont on se sert en chimie, et il peut être employé cependant à un grand nombre d'usages. On peut y placer des creusets, y fondre du plomb, de l'étain, du bismuth, et en général toutes les matières qui n'exigent pas, pour être fondues, un degré de feu très-considérable. On peut y faire des calcinations métalliques, placer dessus des bassines, des vaisseaux évaporatoires, des capsules de fer pour former des bains de sable, comme on le voit représenté *pl. III, fig. 1 et 2.* C'est pour le rendre applicable à ces différentes opérations, qu'on a ménagé dans le haut des échancrures *m m m m;* autrement la bassine qu'on auroit posée sur le fourneau auroit intercepté tout passage à l'air, et le charbon se seroit éteint. Si ce fourneau ne produit qu'un degré de chaleur médiocre, c'est que la quantité de charbon qu'il peut consommer est limitée par la quantité d'air qui peut passer par l'ouverture G du cendrier. On augmenteroit beaucoup son effet, en agrandissant cette ouverture; mais le grand courant d'air qui conviendroit dans quelques expériences, auroit de l'inconvénient dans beaucoup d'autres; et c'est ce qui oblige de garnir un laboratoire de fourneaux de différentes formes, et construits sous différens

points de vue. Il en faut sur-tout plusieurs semblables à celui que je viens de décrire, et de différentes grandeurs.

Une autre espèce de fourneau, peut-être encore plus nécessaire, est le fourneau de réverbère représenté *planche XIII, fig.* 2. Il est composé, comme le fourneau simple, d'un cendrier HIKL dans sa partie inférieure, d'un foyer KLMN, d'un laboratoire MNOP, d'un dôme RSRS ; enfin le dôme est surmonté d'un tuyau TTVV, auquel on peut en ajouter plusieurs autres, suivant le genre des expériences.

C'est dans la partie MNOP, nommée le laboratoire, que se place la cornue A qu'on a indiquée par une ligne ponctuée ; elle y est soutenue sur deux barres de fer qui traversent le fourneau. Son col sort par une échancrure latérale, faite partie dans la pièce qui forme le laboratoire, partie dans celle qui forme le dôme. A cette cornue s'adapte un récipient B.

Dans la plupart des fourneaux de réverbère qui se trouvent tout faits chez les potiers de terre à Paris, les ouvertures, tant inférieures que supérieures, sont beaucoup trop petites ; elles ne donnent point passage à un volume d'air assez considérable ; et comme la quantité de charbon consommé, ou, ce qui revient au même, comme la quantité de calorique déga-

gée est à-peu-près proportionnelle à la quantité d'air qui passe par le fourneau, il en résulte que ces fourneaux ne produisent pas tout l'effet qu'on pourroit desirer dans un grand nombre d'opérations. Pour admettre d'abord par le bas un volume d'air suffisant, il faut, au lieu d'une ouverture G au cendrier, en avoir deux GG: on en condamne une lorsqu'on le juge à propos, et alors on n'obtient plus qu'un degré de feu modéré; on les ouvre au contraire l'une et l'autre, quand on veut donner le plus grand coup de feu que le fourneau puisse produire.

L'ouverture supérieure SS du dôme, ainsi que celle des tuyaux VVXX, doit être aussi beaucoup plus grande qu'on n'a coutume de la faire.

Il est important de ne point employer des cornues trop grosses relativement à la grandeur du fourneau. Il faut qu'il y ait toujours un espace suffisant pour le passage de l'air entre les parois du fourneau et celles du vaisseau qui y est contenu. La cornue A dans la *figure* 2 est un peu trop petite pour ce fourneau, et je trouve plus facile d'en avertir que de faire rectifier la figure.

Le dôme a pour objet d'obliger la flamme et la chaleur à environner de toutes parts la cornue et de la réverbérer; c'est de-là qu'est

venu le nom de fourneau de réverbère. Sans cette réverbération de la chaleur, la cornue ne seroit échauffée que par son fond; les vapeurs qui s'en élèveroient se condenseroient dans la partie supérieure, elles se recohoberoient continuellement sans passer dans le récipient: mais au moyen du dôme, la cornue se trouve échauffée de toutes parts; les vapeurs ne peuvent donc se condenser que dans le col et dans le récipient, et elles sont forcées de sortir de la cornue.

Quelquefois, pour empêcher que le fond de la cornue ne soit échauffé ou refroidi trop brusquement, et pour éviter que ces alternatives de chaud et de froid n'en occasionnent la fracture, on place sur les barres une petite capsule de terre cuite dans laquelle on met un peu de sable, et on pose sur ce sable le fond de la cornue.

Dans beaucoup d'opérations on enduit les cornues de différens luts. Quelques-uns de ces luts n'ont pour objet que de les défendre des alternatives de chaud et de froid; quelquefois ils ont pour objet de contenir le verre, ou plutôt de former une double cornue qui supplée à celle de verre dans les opérations où le degré de feu est assez fort pour le ramollir.

Le premier de ces luts se fait avec de la

terre à four à laquelle on joint un peu de bourre ou poil de vache : on fait une pâte de ces matières, et on l'étend sur les cornues de verre ou de grès. Si au lieu de terre à four qui est déjà mélangée, on n'avoit que de l'argile ou de la glaise pure, il faudroit y ajouter du sable. A l'égard de la bourre, elle est utile pour mieux lier ensemble la terre : elle brûle à la première impression du feu ; mais les interstices qu'elle laisse empêchent que l'eau qui est contenue dans la terre, en se vaporisant, ne rompe la continuité du lut et qu'il ne tombe en poussière.

Le second lut est composé d'argile et de fragmens de poteries de grès grossièrement pilés. On en fait une pâte assez ferme, qu'on étend sur les cornues. Ce lut se dessèche et se durcit par le feu, et forme lui-même une véritable cornue supplémentaire, qui contient les matières quand la cornue de verre vient à se ramollir. Mais ce lut n'est d'aucune utilité dans les expériences où on a pour objet de recueillir les gaz, parce qu'il est toujours poreux et que les fluides aériformes passent au travers.

Dans un grand nombre d'opérations, et en général toutes les fois qu'on n'a pas besoin de donner aux corps qu'on traite un degré de chaleur très-violent, le fourneau de réverbère

peut servir de fourneau de fusion. On supprime alors le laboratoire MNOP, et on établit à la place le dôme RSRS, comme on le voit représenté *planche XIII, fig. 3.*

Un fourneau de fusion très-commode est celui représenté *figure 4.* Il est composé d'un foyer ABCD, d'un cendrier sans porte et d'un dôme ABGH. Il est troué en E pour recevoir le bout d'un soufflet qu'on y lute solidement. Il doit être proportionnellement moins haut qu'il n'est représenté dans la figure. Ce fourneau ne procure pas un degré de feu très-violent; mais il suffit pour toutes les opérations courantes. Il a de plus l'avantage d'être transporté commodément, et de pouvoir être placé dans tel lieu du laboratoire qu'on le juge à propos. Mais ces fourneaux particuliers ne dispensent pas d'avoir dans un laboratoire une forge garnie d'un bon soufflet, et ce qui est encore plus important, un bon fourneau de fusion. Je vais donner la description de celui dont je me sers, et détailler les principes d'après lesquels je l'ai construit.

L'air ne circule dans un fourneau que parce qu'il s'échauffe en passant à travers les charbons : alors il se dilate; devenu plus léger que l'air environnant, il est forcé de monter par la pression des colonnes latérales, et il est

remplacé par de nouvel air qui arrive de toutes parts, principalement par-dessous. Cette circulation de l'air a lieu lorsque l'on brûle du charbon même dans un simple réchaut : mais il est aisé de concevoir que la masse d'air qui passe par un fourneau ainsi ouvert de toutes parts, ne peut pas être, toutes choses d'ailleurs égales, aussi grande que celle qui est contrainte de passer par un fourneau formé en tour creuse, comme le sont en général les fourneaux chimiques, et que par conséquent la combustion ne peut pas y être aussi rapide.

Soit supposé, par exemple, un fourneau ABCDEF, *planche XIII, figure 5*, ouvert par le haut et rempli de charbons ardens; la force avec laquelle l'air sera obligé de passer à travers les charbons, sera mesurée par la différence de pesanteur spécifique de deux colonnes AC, l'une d'air froid pris en-dehors du fourneau, l'autre d'air chaud pris en-dedans. Ce n'est pas qu'il n'y ait encore de l'air échauffé au-dessus de l'ouverture AB du fourneau, et il est certain que son excès de légéreté doit entrer aussi pour quelque chose dans le calcul; mais comme cet air chaud est continuellement refroidi et emporté par l'air extérieur, cette portion ne peut pas faire beaucoup d'effet.

Mais si à ce même fourneau on ajoute un

grand tuyau creux de même diamètre que lui GHAB, qui défende l'air qui a été échauffé par les charbons ardens, d'être refroidi, dispersé et emporté par l'air environnant, la différence de pesanteur spécifique en vertu de laquelle s'opérera la circulation de l'air, ne sera plus celle de deux colonnes AC, l'une extérieure, l'autre intérieure; ce sera celle de deux colonnes égales à GC. Or, à chaleur égale, si la colonne GC = 3AC, la circulation de l'air se fera en raison d'une force triple. Il est vrai que je suppose ici que l'air contenu dans la capacité GHCD est autant échauffé que l'étoit l'air contenu dans la capacité ABCD, ce qui n'est pas rigoureusement vrai; car la chaleur doit décroître de AB à GH: mais comme il est évident que l'air de la capacité GHAB est beaucoup plus chaud que l'air extérieur, il en résulte toujours que l'addition de la tour creuse GHAB augmente la rapidité du courant d'air, qu'il en passe plus à travers les charbons, et que par conséquent il y aura plus de combustion.

Conclurons-nous de ces principes qu'il faille augmenter indéfiniment la longueur du tuyau GHAB? Non sans doute; car puisque la chaleur de l'air diminue de AB en GH, ne fût-ce que par le refroidissement causé à cet air

par le contact des parois du tuyau, il en résulte que la pesanteur spécifique de l'air qui le traverse diminue graduellement, et que si le tuyau étoit prolongé à un certain point, on arriveroit à un terme où la pesanteur spécifique de l'air seroit égale en-dedans et en-dehors du tuyau; et il est évident qu'alors cet air froid qui ne tendroit plus à monter, seroit une masse à déplacer qui apporteroit une résistance à l'ascension de l'air inférieur. Bien plus, comme cet air est nécessairement mêlé de gaz acide carbonique, et que ce gaz est plus lourd que l'air atmosphérique, il arriveroit, si ce tuyau étoit assez long pour que l'air avant de parvenir à son extrémité pût se rapprocher de la température extérieure, qu'il tendroit à redescendre; d'où il faut conclure que la longueur des tuyaux qu'on ajoute sur les fourneaux est limitée par la nature des choses.

Les conséquences auxquelles nous conduisent ces réflexions, sont 1°. que le premier pied de tuyau qu'on ajoute sur le dôme d'un fourneau, fait plus d'effet que le sixième, par exemple; que le sixième en fait plus que le dixième: mais aucune expérience ne nous a encore fait connoître à quel terme on doit s'arrêter; 2°. que ce terme est d'autant plus éloigné que le tuyau est moins bon conducteur de chaleur, puisque

l'air

l'air s'y refroidit d'autant moins ; en sorte que la terre cuite est beaucoup préférable à la tôle pour faire des tuyaux de fourneaux, et que si même on les formoit d'une double enveloppe, si on remplissoit l'intervalle de charbon pilé, qui est une des substances la moins propre à transmettre la chaleur, on retarderoit le refroidissement de l'air, et on augmenteroit par conséquent la rapidité du courant et la possibilité d'employer un tuyau plus long ; 3°. que le foyer du fourneau étant l'endroit le plus chaud et celui par conséquent où l'air qui le traverse est le plus dilaté, cette partie du fourneau doit être aussi la plus volumineuse, et qu'il est nécessaire d'y ménager un renflement considérable. Il est d'une nécessité d'autant plus indispensable de donner beaucoup de capacité à cette partie du fourneau, qu'elle n'est pas seulement destinée au passage de l'air qui doit favoriser, ou pour mieux dire, opérer la combustion ; elle doit encore contenir le charbon et le creuset ; en sorte qu'on ne peut compter pour le passage de l'air que l'intervalle que laissent entr'eux les charbons.

C'est d'après ces principes que j'ai construit mon fourneau de fusion, et je ne crois pas qu'il en existe aucun qui produise un effet plus violent. Cependant je n'ose pas encore me flatter

d'être arrivé à la plus grande intensité de chaleur qu'on puisse produire dans les fourneaux chimiques. On n'a point encore déterminé par des expériences exactes l'augmentation de volume que prend l'air en traversant un fourneau de fusion ; en sorte qu'on ne connoît point le rapport qu'on doit observer entre les ouvertures inférieures et supérieures d'un fourneau : on connoît encore moins la grandeur absolue qu'il convient de donner à ces ouvertures. Les données manquent donc, et on ne peut encore arriver au but que par tâtonnement.

Ce fourneau est représenté *pl. XIII, fig. 6.* Je lui ai donné, d'après les principes que je viens d'exposer, la forme d'un sphéroïde elliptique ABCD, dont les deux bouts sont coupés par un plan qui passeroit par chacun des foyers perpendiculairement au grand axe. Au moyen du renflement qui résulte de cette figure, le fourneau peut tenir une masse de charbon considérable, et il reste encore dans l'intervalle assez d'espace pour le passage du courant d'air.

Pour que rien ne s'oppose au libre accès de l'air extérieur, je l'ai laissé entièrement ouvert par-dessous, à l'exemple de M. Macquer, qui avoit déjà pris cette même précaution pour son fourneau de fusion, et je l'ai posé sur un trépied. La grille dont je me sers est à claire-voie

et en fer méplat; et pour que les barreaux opposent moins d'obstacle au passage de l'air, je les ai fait poser non sur leur côté plat, mais sur le côté le plus étroit, comme on le voit *figure 7*. Enfin j'ai ajouté à la partie supérieure AB un tuyau de 18 pieds de long en terre cuite, et dont le diamètre intérieur est presque de moitié de celui du fourneau. Quoique j'obtienne déjà avec ce fourneau un feu supérieur à celui qu'aucun Chimiste se soit encore procuré jusqu'ici, je le crois susceptible d'être sensiblement augmenté par les moyens simples que j'ai indiqués, et dont le principal consiste à rendre le tuyau FGAB le moins bon conducteur de chaleur qu'il soit possible.

Il me reste à dire un mot du fourneau de coupelle ou fourneau d'essai. Lorsqu'on veut connoître si du plomb contient de l'or ou de l'argent, on le chauffe à grand feu dans de petites capsules faites avec des os calcinés, et qui, en termes d'essai, se nomment *coupelles*. Le plomb s'oxide, il devient susceptible de se vitrifier, il s'imbibe et s'incorpore avec la coupelle. On conçoit que le plomb ne peut s'oxider qu'avec le contact de l'air; ce ne peut donc être, ni dans un creuset où le libre accès de l'air extérieur est interdit, ni même au milieu d'un fourneau à travers les charbons ardens, puisque

l'air de l'intérieur d'un fourneau altéré par la combustion, et réduit pour la plus grande partie à l'état de gaz azote et de gaz acide carbonique, n'est plus propre à la calcination et à l'oxidation des métaux. Il a donc fallu imaginer un appareil particulier, où le métal fût en même tems exposé à la grande violence du feu, et garanti du contact de l'air devenu incombustible par son passage à travers les charbons. Le fourneau destiné à remplir ce double objet, a été nommé, dans les arts, fourneau de coupelle. Il est communément de forme quarrée, ainsi qu'il est représenté *pl. XIII, fig. 8.* Voyez aussi sa coupe, *fig. 10.* Comme tous les fourneaux bien construits, il doit avoir un cendrier AABB, un foyer BBCC, un laboratoire CCDD, un dôme DDEE.

C'est dans le laboratoire qu'on place ce qu'on nomme la mouffle. C'est une espèce de petit four GH, *figures 9 et 10,* fait de terre cuite et fermé par le fond. On le pose sur des barres qui traversent le fourneau; il s'ajuste avec l'ouverture G de la porte, et on l'y lute avec de l'argile délayée avec de l'eau. C'est dans cette espèce de four que se placent les coupelles. On met du charbon dessus et dessous la mouffle par les portes du dôme et du foyer; l'air qui est entré par les ouvertures du cendrier, après avoir

servi à la combustion, s'échappe par l'ouverture supérieure EE. A l'égard de la mouffle, l'air extérieur y pénètre par la porte GG, et il y entretient la calcination métallique.

En réfléchissant sur cette construction, on s'apperçoit aisément combien elle est vicieuse. Elle a deux inconvéniens principaux : quand la porte GG est fermée, l'oxidation se fait lentement et difficilement, à défaut d'air pour l'entretenir; lorsqu'elle est ouverte, le courant d'air froid qui s'introduit fait figer le métal et suspend l'opération. Il ne seroit pas difficile de remédier à ces inconvéniens, en construisant la mouffle et le fourneau de manièré qu'il y eût un courant d'air extérieur toujours renouvelé qui rasât la surface du métal. On feroit passer cet air à travers un tuyau de terre qui seroit entretenu rouge par le feu même du fourneau, afin que l'intérieur de la mouffle ne fût jamais refroidi; et on feroit en quelques minutes ce qui demande souvent un tems considérable.

M. Sage a été conduit par d'autres principes à de semblables conséquences. Il place la coupelle qui contient le plomb allié de fin dans un fourneau ordinaire à travers les charbons; il la recouvre avec une petite mouffle de porceaine; et quand le tout est suffisamment chaud, il dirige sur le métal le courant d'air d'un souf-

flet ordinaire à main : la coupellation de cette manière se fait avec une grande facilité, et, à ce qu'il paroît, avec beaucoup d'exactitude.

§. III.

Des moyens d'augmenter considérablement l'action du feu, en substituant le gaz oxygène à l'air de l'atmosphère.

On a obtenu avec les grands verres ardens qui ont été construits jusqu'à ce jour, tels que ceux de Tchirnausen et celui de M. de Trudaine, une intensité de chaleur un peu plus grande que celle qui a lieu dans les fourneaux chimiques, et même dans les fours où l'on cuit la porcelaine dure. Mais ces instrumens sont extrêmement chers, et ils ne vont pas même jusqu'à fondre la platine brute ; en sorte que leur avantage, relativement à l'effet qu'ils produisent, n'est presque d'aucune considération, et qu'il est plus que compensé par la difficulté de se les procurer, et même d'en faire usage.

Les miroirs concaves à diamètre égal font un peu plus d'effet que les verres ardens ; on en a la preuve par les expériences faites par MM. Macquer et Baumé, avec le miroir de M. l'abbé Bouriot : mais comme la direction des rayons réfléchis est de bas en haut, il faut opérer en l'air et sans support ; ce qui rend

absolument impossible le plus grand nombre des expériences chimiques.

Ces considérations m'avoient déterminé d'abord à essayer de remplir de grandes vessies de gaz oxygène, à y adapter un tube susceptible d'être fermé par un robinet, et à m'en servir pour animer avec ce gaz le feu des charbons allumés. L'intensité de chaleur fut telle, même dans mes premières tentatives, que je parvins à fondre une petite quantité de platine brute avec assez de facilité.

C'est à ce premier succès que je dois l'idée du gazomètre dont j'ai donné la description, tom. I, p. 346 et suiv. Je l'ai substitué aux vessies; et comme on peut donner au gaz oxygène le degré de pression qu'on juge à propos, on peut non-seulement s'en procurer un écoulement continu, mais lui donner même un grand degré de vîtesse.

Le seul appareil dont on ait besoin pour ce genre d'expériences, consiste en une petite table ABCD, *pl. XII, fig. 15*, percée d'un trou en F, à travers lequel on fait passer un tube de cuivre ou d'argent FG, terminé en G par une très-petite ouverture qu'on peut ouvrir ou fermer par le moyen du robinet H. Ce tube se continue par-dessous la table en *lmno*, et va s'adapter au gazomètre avec l'intérieur duquel il

communique. Lorsqu'on veut opérer, on commence à faire avec le tourne-vis K I un creux de quelques lignes de profondeur dans un gros charbon noir. On place dans ce creux le corps que l'on veut fondre : on allume ensuite le charbon avec un chalumeau de verre, à la flamme d'une chandelle ou d'une bougie ; après quoi on l'expose au courant de gaz oxygène qui sort avec rapidité par le bec ou extrémité G du tube F G.

Cette manière d'opérer ne peut être employée que pour les corps qui peuvent être mis sans inconvénient en contact avec les charbons, tels que les métaux, les terres simples, etc. A l'égard des corps dont les principes ont de l'affinité avec le charbon, et que cette substance décompose, comme les sulfates, les phosphates, et en général presque tous les sels neutres, les verres métalliques, les émaux, etc. on se sert de la lampe d'émailleur, à travers laquelle on fait passer un courant de gaz oxygène. Alors, au lieu de l'ajutage recourbé EG, on se sert de celui coudé ST, qu'on visse à la place, et qui dirige le courant de gaz oxygène à travers la flamme de la lampe. L'intensité de chaleur que donne ce second moyen, n'est pas aussi forte que celle qu'on obtient par le premier ; et ce n'est qu'avec beau-

coup de peine qu'on parvient à fondre la platine.

Les supports dont on se sert dans cette seconde manière d'opérer, sont ou des coupelles d'os calcinés, ou de petites capsules de porcelaine, ou même des capsules ou cuillers métalliques. Pourvu que ces dernières ne soient pas trop petites, elles ne fondent pas, attendu que les métaux sont bons conducteurs de chaleur, que le calorique se répartit en conséquence promptement et facilement dans toute la masse, et n'en échauffe que médiocrement chacune des parties.

On peut voir dans les volumes de l'Académie, année 1782, page 476, et 1783, page 573, la suite d'expériences que j'ai faites avec cet appareil. Il en résulte, 1°. que le cristal de roche, c'est-à-dire la terre silieeuse pure, est infusible; mais qu'elle devient susceptible de ramollissement et de fusion, dès qu'elle est mélangée.

2°. Que la chaux, la magnésie et la baryte ne sont fusibles ni seules, ni combinées ensemble; mais qu'elles facilitent, sur-tout la chaux, la fusion de toutes les autres substances.

3°. Que l'alumine est complètement fusible seule, et qu'il résulte de sa fusion une substance vitreuse opaque très-dure, qui raye le verre comme les pierres précieuses.

4°. Que toutes les terres et pierres composées se fondent avec beaucoup de facilité, et forment un verre brun.

5°. Que toutes les substances salines, même l'alkali fixe, se volatilisent en peu d'instans.

6°. Que l'or, l'argent, &c. et probablement la platine, se volatilisent lentement à ce degré de feu, et se dissipent sans aucune circonstance particulière.

7°. Que toutes les autres substances métalliques, à l'exception du mercure, s'oxident quoique placées sur un charbon; qu'elles y brûlent avec une flamme plus ou moins grande et diversement colorée, et finissent par se dissiper entièrement.

8°. Que les oxides métalliques brûlent également tous avec flamme; ce qui semble établir un caractère distinctif de ces substances, et ce qui me porte à croire, comme Bergman l'avoit soupçonné, que la baryte est un oxide métallique, quoiqu'on ne soit pas encore parvenu à en obtenir le métal dans son état de pureté.

9°. Que parmi les pierres précieuses, les unes, comme le rubis, sont susceptibles de se ramollir et de se souder, sans que leur couleur et même que leur poids soient altérés; que d'autres, comme l'hyacinthe dont la fixité est presque

égale à celle du rubis, perdent facilement leur couleur; que la topase de Saxe, la topase et le rubis du Brésil non-seulement se décolorent promptement à ce degré de feu, mais qu'ils perdent même un cinquième de leur poids, et qu'il reste, lorsqu'ils ont subi cette altération, une terre blanche semblable en apparence à du quartz blanc ou à du biscuit de porcelaine; enfin que l'émeraude, la chrysolite et le grenat fondent presque sur-le-champ en un verre opaque et coloré.

10°. Qu'à l'égard du diamant, il présente une propriété qui lui est toute particulière, celle de se brûler à la manière des corps combustibles et de se dissiper entièrement.

Il est un autre moyen dont je n'ai point encore fait usage, pour augmenter encore davantage l'activité du feu par le moyen du gaz oxygène; c'est de l'employer à souffler un feu de forge. M. Achard en a eu la première idée; mais les procédés qu'il a employés, et au moyen desquels il croyoit déphlogistiquer l'air de l'atmosphère, ne l'ont conduit à rien de satisfaisant. L'appareil que je me propose de faire construire, sera très-simple: il consistera dans un fourneau ou espèce de forge d'une terre extrêmement réfractaire; sa figure sera à-peu-près semblable à celle du fourneau représenté

planche XIII, fig. 4 ; il sera seulement moins élevé et en général construit sur de plus petites dimensions. Il aura deux ouvertures, l'une en E, à laquelle s'adaptera le bout d'un soufflet ; et une seconde toute semblable, à laquelle s'ajustera un tuyau qui communiquera avec le gazomètre. Je pousserai d'abord le feu aussi loin qu'il sera possible par le vent du soufflet ; et quand je serai parvenu à ce point, je remplirai entièrement le fourneau de charbons embrasés ; puis interceptant tout-à-coup le vent du soufflet, je donnerai par l'ouverture d'un robinet accès au gaz oxygène du gazomètre, et je le ferai arriver avec quatre ou cinq pouces de pression. Je puis réunir ainsi le gaz oxygène de plusieurs gazomètres, de manière à en faire passer jusqu'à huit à neuf pieds cubes à travers le fourneau, et je produirai une intensité de chaleur certainement très-supérieure à tout ce que nous connoissons. J'aurai soin de tenir l'ouverture supérieure du fourneau très-grande, afin que le calorique ait une libre issue, et qu'une expansion trop rapide de ce fluide si éminemment élastique ne produise point une explosion.

EXPÉRIENCES

Sur la Respiration des Animaux, et sur les changemens qui arrivent à l'air en passant par leur poumon.

De tous les phénomènes de l'économie animale, il n'en est pas de plus frappant ni de plus digne de l'attention des physiciens et des physiologistes, que ceux qui accompagnent la respiration. Si d'un côté nous connoissons peu l'objet de cette fonction singulière, nous savons d'un autre qu'elle est si essentielle à la vie, qu'elle ne peut être quelque tems suspendue, sans exposer l'animal au danger d'une mort prochaine.

L'air, comme tout le monde sait, est l'agent ou plus exactement le sujet de la respiration; mais en même tems toutes sortes d'air, ou plus généralement toutes sortes de fluides élastiques, ne sont pas propres à l'entretenir; et il est un grand nombre d'airs que les animaux ne peuvent respirer, sans périr aussi promptement, au moins, que s'ils ne respiroient point du tout.

Les expériences de quelques physiciens, et sur-tout celles de MM. Hales et Cigna, avoient

commencé à répandre quelque lumière sur cet important objet : depuis, M. Priestley, dans un écrit qu'il a publié l'année dernière à Londres, a reculé beaucoup plus loin les bornes de nos connoissances ; et il a cherché à prouver, par des expériences très-ingénieuses, très-délicates et d'un genre très-neuf, que la respiration des animaux avoit la propriété de phlogistiquer l'air, comme la calcination des métaux et plusieurs autres procédés chimiques, et qu'il ne cessoit d'être respirable qu'au moment où il étoit surchargé, et en quelque façon saturé de phlogistique.

Quelque vraisemblable qu'ait pu paroître, au premier coup-d'œil, la théorie de ce célèbre physicien, quelque nombreuses et quelque bien faites que soient les expériences sur lesquelles il a cherché à l'appuyer, j'avoue que je l'ai trouvée en contradiction avec un si grand nombre de phénomènes, que je me suis cru en droit de la révoquer en doute : j'ai travaillé, en conséquence, sur un autre plan, et je me suis trouvé invinciblement conduit, par la suite de mes expériences, à des conséquences toutes opposées aux siennes. Je ne m'arrêterai pas, dans ce moment, à discuter en particulier chacune des expériences de M. Priestley, ni à faire voir comment elles prouvent toutes en faveur de l'opinion que je vais développer dans ce

Mémoire ; je me contenterai de rapporter celles qui me sont propres, et de rendre compte de leur résultat.

J'ai renfermé dans un appareil convenable, et dont il seroit difficile de donner une idée sans le secours de figures, 50 pouces cubiques d'air commun : j'ai introduit dans cet appareil 4 onces de mercure très-pur, et j'ai procédé à la calcination de ce dernier, en l'entretenant pendant douze jours à un degré de chaleur presque égal à celui qui est nécessaire pour le faire bouillir.

Il ne s'est rien passé de remarquable pendant tout le premier jour : le mercure, quoique non bouillant, étoit dans un état d'évaporation continuelle ; il tapissoit l'intérieur des vaisseaux de gouttelettes, d'abord très-fines, qui alloient ensuite peu à peu en augmentant, et qui, lorsqu'elles avoient acquis un certain volume, retomboient d'elles-mêmes au fond du vase : le second jour, j'ai commencé à voir nager sur la surface du mercure, de petites parcelles rouges, qui, en peu de jours, ont augmenté en nombre et en volume ; enfin, au bout de douze jours, ayant cessé le feu et laissé refroidir les vaisseaux, j'ai observé que l'air qu'ils contenoient étoit diminué de 8 à 9 pouces cubiques, c'est-à-dire, environ d'un sixième de son volume ; en même tems il s'étoit formé une portion assez

considérable, et que j'ai évaluée environ à 45 grains, de mercure précipité *per se*, autrement dit, de *chaux de mercure.*

Cet air, ainsi diminué, ne précipitoit nullement l'eau de chaux; mais il éteignoit les lumières, il faisoit périr en peu de tems les animaux qu'on y plongeoit, il ne donnoit presque plus de vapeurs rouges avec l'air nitreux, il n'étoit plus sensiblement diminué par lui; en un mot, il étoit dans un état absolument méphitique.

On sait, par les expériences de M. Priestley et par les miennes, que le mercure précipité *per se*, n'est autre chose qu'une combinaison de mercure avec un douzième environ de son poids, d'un air beaucoup meilleur et beaucoup plus respirable, s'il est permis de se servir de cette expression, que l'air commun: il paroissoit donc prouvé que, dans l'expérience précédente, le mercure, en se calcinant, avoit absorbé la partie la meilleure, la plus respirable de l'air, pour ne laisser que la partie méphitique ou non respirable; l'expérience suivante m'a confirmé de plus en plus cette vérité.

J'ai soigneusement rassemblé les 45 grains de chaux de mercure qui s'étoient formés pendant la calcination précédente; je les ai mis dans une très-petite cornue de verre, dont le col,

col, doublement recourbé, s'engageoit sous une cloche remplie d'eau, et j'ai procédé à la réduction sans addition. J'ai retrouvé, par cette opération, à-peu-près la même quantité d'air qui avoit été absorbée par la calcination, c'est-à-dire, 8 à 9 pouces cubiques environ; et en recombinant ces 8 à 9 pouces avec l'air qui avoit été vicié par la calcination du mercure, j'ai rétabli ce dernier assez exactement dans l'état où il étoit avant la calcination, c'est-à-dire, dans l'état d'air commun : cet air, ainsi rétabli, n'éteignoit plus les lumières, il ne faisoit plus périr les animaux qui le respiroient; enfin, il étoit presque autant diminué par l'air nitreux que l'air de l'atmosphère.

Voilà l'espèce de preuve la plus complète à laquelle on puisse arriver en chimie, la décomposition de l'air et sa recomposition; et il en résulte évidemment, 1°. que les cinq sixièmes de l'air que nous respirons sont, ainsi que je l'ai déjà annoncé dans un précédent Mémoire, dans l'état de mofette, c'est-à-dire, incapables d'entretenir la respiration des animaux, l'inflammation et la combustion des corps; 2°. que le surplus, c'est-à-dire, un cinquième seulement du volume de l'air de l'atmosphère est respirable; 3°. que dans la calcination du mercure, cette substance métallique absorbe la

partie salubre de l'air pour ne laisser que la mofette ; 4°. qu'en rapprochant ces deux parties de l'air ainsi séparées, la partie respirable et la partie méphitique, on refait de l'air semblable à celui de l'atmosphère.

Ces vérités préliminaires sur la calcination des métaux, vont nous conduire à des conséquences simples sur la respiration des animaux ; et comme l'air qui a servi quelque tems à l'entretien de cette fonction vitale, a beaucoup de rapport avec celui dans lequel les métaux ont été calcinés, les connoissances relatives à l'un vont naturellement s'appliquer à l'autre.

J'ai mis un moineau-franc sous une cloche de verre remplie d'air commun, et plongée dans une jatte pleine de mercure ; la partie vide de la cloche étoit de 31 pouces cubiques : l'animal n'a paru nullement affecté pendant les premiers instans ; il étoit seulement un peu assoupi : au bout d'un quart-d'heure il a commencé à s'agiter ; sa respiration est devenue pénible et précipitée, et à compter de cet instant, les accidens ont été en augmentant ; enfin, au bout de 55 minutes, il est mort avec des espèces de mouvemens convulsifs. Malgré la chaleur de l'animal, qui nécessairement avoit dilaté pendant les premiers instans l'air contenu sous la cloche, il y a eu une diminution

sensible de volume : cette diminution étoit d'un quarantième environ à la fin du premier quart-d'heure ; mais, loin d'augmenter ensuite, elle s'est trouvée un peu moindre au bout d'une demi-heure; et lorsqu'après la mort de l'animal, l'air contenu sous la cloche a eu repris la température du lieu où se faisoit l'expérience, la diminution ne s'est plus trouvée que d'un soixantième tout au plus.

Cet air, qui avoit été ainsi respiré par un animal, étoit devenu fort différent de l'air de l'atmosphère ; il précipitoit l'eau de chaux, il éteignoit les lumières, il n'étoit plus diminué par l'air nitreux ; un nouvel oiseau que j'y ai introduit, n'y a vécu que quelques instans ; enfin, il étoit entièrement méphitique, et à cet égard il paroissoit assez semblable à celui qui étoit resté après la calcination du mercure.

Cependant, un examen plus approfondi m'a fait appercevoir deux différences très-remarquables entre ces deux airs, je veux dire, entre celui qui avoit servi à la calcination du mercure, et celui qui avoit servi à la respiration du moineau-franc : premièrement, la diminution de volume avoit été beaucoup moindre dans ce dernier que dans le premier ; secondement, l'air de la respiration précipitoit l'eau de chaux,

tandis que l'air de la calcination n'y occasionnoit aucune altération.

Cette différence d'une part, entre ces deux airs, et de l'autre la grande analogie qu'ils présentoient à beaucoup d'égards, m'ont fait présumer qu'il se compliquoit dans la respiration deux causes, dont probablement je ne connoissois encore qu'une seule, et pour éclaircir mes soupçons à cet égard, j'ai fait l'expérience suivante.

J'ai fait passer sous une cloche de verre remplie de mercure, et plongée dans du mercure, 12 pouces d'air vicié par la respiration, et j'y ai introduit une petite couche d'alkali fixe caustique. J'aurois pu me servir d'eau de chaux pour le même usage; mais le volume qu'il auroit été nécessaire d'en employer auroit été trop considérable, et auroit nui au succès de l'expérience.

L'effet de l'alkali caustique a été d'occasionner dans le volume de cet air une diminution de près d'un sixième ; en même tems l'alkali a perdu en partie sa causticité; il a acquis la proprieté de faire effervescence avec les acides, et il s'est cristallisé sous la cloche, même en rhomboïdes très-réguliers, propriétés que l'on sait ne pouvoir lui être communiquées, qu'autant qu'on le combine avec l'espèce d'air ou de

gaz connue sous le nom d'*air fixe*, et que je nommerai dorénavant *acide crayeux aériforme* (1); d'où il résulte que l'air vicié par la respiration contient près d'un sixième d'un acide aériforme, parfaitement semblable à celui qu'on retire de la craie.

Loin que l'air, qui avoit été ainsi dépouillé de sa partie fixable par l'alkali caustique, eût

(1) Il y a déjà long-tems que les physiciens et les chimistes sentent la nécessité de changer la dénomination très-impropre d'*air fixe*, *air fixé*, *air fixable*; je lui ai substitué, dans le premier volume de mes Opuscules physiques et chimiques, le nom de *fluide élastique*; mais ce nom générique, qui s'applique à une classe de corps très-nombreux, ne pouvoit servir qu'en en attendant un autre. Aujourd'hui, je crois devoir imiter la conduite des anciens chimistes; ils désignoient chaque substance par un nom générique qui en exprimoit la nature, et ils le spécifioient par une seconde dénomination qui désignoit le corps d'où ils avoient coutume de la tirer: c'est ainsi qu'ils ont donné le nom d'*acide vitriolique* à l'acide qu'ils retiroient du vitriol, le nom d'*acide marin* à celui qu'ils tiroient du sel marin, &c. Par une suite de ces mêmes principes, je nommerai *acide de la craie*, *acide crayeux*, la substance qu'on a désignée jusqu'ici sous le nom d'*air fixe* ou *air fixé*, par la raison que c'est de la craie et des terres calcaires que nous tirons le plus communément cet acide, et j'appellerai *acide crayeux aériforme*, celui qui se présentera sous forme d'air.

été rétabli par-là dans l'état d'air commun, il s'étoit, au contraire, rapproché davantage de l'air qui avoit servi à la calcination du mercure, ou plutôt il n'étoit plus qu'une seule et même chose ; comme lui, il faisoit périr les animaux, il éteignoit les lumières. Enfin, de toutes les expériences de comparaison que j'ai faites avec ces deux airs, aucune ne m'a pu laisser appercevoir entr'eux la moindre différence.

Mais l'air qui a servi à la calcination du mercure, n'est autre chose, comme on l'a vu plus haut, que le résidu méphitique de l'air de l'atmosphère, dont la partie éminemment respirable s'est combinée avec le mercure pendant la calcination ; donc l'air qui a servi à la respiration, lorsqu'il a été dépouillé de la portion d'acide crayeux aëriforme qu'il contient, n'est également qu'un résidu d'air commun privé de sa partie respirable. Et, en effet, ayant combiné avec cet air environ un quart de son volume d'air éminemment respirable, tiré de la chaux du mercure, je l'ai rétabli dans son premier état, et je l'ai rendu aussi propre que l'air commun, soit à la respiration, soit à l'entretien des lumières, de la même manière que je l'avois fait avec l'air qui avoit été vicié par la calcination des métaux.

Il résulte de ces expériences que, pour rame-

ner à l'état d'air commun et respirable, l'air qui a été vicié par la respiration, il faut opérer deux effets : 1°. enlever à cet air, par la chaux, ou par un alkali caustique, la portion d'acide crayeux aériforme qu'il contient ; 2°. lui rendre une quantité d'air éminemment respirable, ou déphlogistiqué, égale à celle qu'il a perdue. La respiration, par une suite nécessaire, opère l'inverse de ces deux effets ; et je me trouve à cet égard conduit à deux conséquences également probables, et entre lesquelles l'expérience ne m'a pas mis encore en état de prononcer.

En effet, d'après ce qu'on vient de voir, on peut conclure qu'il arrive de deux choses l'une par l'effet de la respiration : ou la portion d'air éminemment respirable, contenu dans l'air de l'atmosphère, est converti en acide crayeux aériforme en passant par le poumon ; ou bien il se fait un échange dans ce viscère, d'une part, l'air éminemment respirable est absorbé, et de l'autre le poumon restitue à la place une portion d'acide crayeux aériforme presque égale en volume.

La première de ces deux opinions a pour elle une expérience que j'ai déjà communiquée à l'académie. J'ai fait voir, dans un Mémoire, que l'air éminemment respirable pouvoit être converti en totalité en acide crayeux aériforme

par une addition de poudre de charbon, et je prouverai dans d'autres Mémoires qu'il est plusieurs autres moyens d'opérer cette même conversion : il est donc possible que la respiration ait cette même propriété, et que l'air éminemment respirable qui est entré dans le poumon en ressorte en acide crayeux aériforme : mais d'un autre côté, de fortes analogies semblent militer en faveur de la seconde opinion, et porter à croire qu'une portion d'air éminemment respirable reste dans le poumon, et qu'elle s'y combine avec le sang : on sait que c'est une propriété de l'air éminemment respirable de communiquer la couleur aux corps, et sur-tout aux substances métalliques auxquelles il est combiné : le mercure, le plomb et le fer en fonrnissent des exemples ; ces métaux forment avec l'air éminemment respirable, des chaux d'nn beau rouge, la première, connue sous le nom de *mercure précipité per se*, ou de *mercure précipité rouge ;* la seconde, sous le nom de *minium ;* enfin, la troisième, sous le nom de *colcothar.* Les mêmes effets, les mêmes phénomènes se retrouvent, comme on vient de le voir, et dans la calcination des métaux et dans la respiration des animaux ; toutes les circonstances sont les mêmes, jusqu'à la couleur des résidus : ne pourroit-on pas en induire que la

couleur rouge du sang est due à la combinaison de l'air éminemment respirable, ou plus exactement, comme je le ferai voir dans un prochain Mémoire, à la combinaison de la base de l'air éminemment respirable avec une liqueur animale, de la même manière que la couleur rouge du mercure précipité rouge et du *minium* est due à la combinaison de la base de ce même air avec une substance métallique? Quoique M. Cigna, M. Priestley, et les auteurs modernes qui se sont occupés de cet objet, n'aient point tiré cette conséquence, j'ose dire qu'il n'est presque aucune de leurs expériences qui ne paroisse tendre à l'établir : en effet, ils ont prouvé, et sur-tout M. Priestley, que le sang n'est rouge et vermeil qu'autant qu'il est continuellement en contact avec l'air de l'atmosphère ou avec l'air éminemment respirable; qu'il devient noir dans l'acide crayeux aériforme, dans l'air nitreux, dans l'air inflammable, dans tous les airs qui ne sont point respirables, dans le vide de la machine pneumatique; qu'il reprend au contraire sa couleur rouge lorsqu'on le met de nouveau en contact avec l'air, et sur-tout avec l'air éminemment respirable; que cette restitution de couleur est constamment accompagnée d'une diminution dans le volume de l'air : or, ne résulte-t-il pas de tous ces faits que

l'air éminemment respirable a la propriété de se combiner avec le sang, et que c'est cette combinaison qui constitue sa couleur rouge? Au surplus, quelle que soit celle de ces deux opinions qu'on embrasse, soit que la portion respirable de l'air se combine avec le sang, soit qu'elle se change en acide crayeux aériforme en passant par le poumon ; soit enfin, comme je serois assez porté à le croire, que l'un et l'autre de ces effets aient lieu pendant l'acte de la respiration, on pourra toujours, en ne s'attachant qu'aux faits, regarder comme prouvé :

1°. Que la respiration n'a d'action que sur la portion d'air pur, d'air éminemment respirable contenue dans l'air de l'atmosphère ; que le surplus, c'est-à-dire, la partie méphitique, est un milieu purement passif qui entre dans le poumon, et en ressort à-peu-près comme il y étoit entré, c'est-à-dire sans changement et sans altération.

2°. Que la calcination des métaux dans une portion donnée d'air de l'atmosphère, n'a lieu, comme je l'ai déjà annoncé plusieurs fois, que jusqu'à ce que la portion de véritable air, d'air éminemment respirable qu'il contient, ait été épuisée et combinée avec le métal.

3°. Que de même, si l'on enferme des animaux dans une quantité donnée d'air, ils y pé-

rissent lorsqu'ils ont absorbé ou converti en acide crayeux aériforme la majeure partie de la portion respirable de l'air, et lorsque ce dernier est réduit à l'état de mofette.

4°. Que l'espèce de mofette qui reste après la calcination des métaux, ne diffère en rien, d'après toutes les expériences que j'ai faites, de celle qui reste après la respiration des animaux, pourvu toutefois que cette dernière ait été dépouillée par la chaux ou par les alkalis caustiques de sa partie fixable, c'est-à-dire de l'acide crayeux aériforme qu'elle contenoit; que ces deux mofettes peuvent être substituées l'une à l'autre dans toutes les expériences, et qu'elles peuvent être ramenées toutes deux à l'état de l'air de l'atmosphère par une quantité d'air éminemment respirable égale à celle qu'ils ont perdue. Une nouvelle preuve de cette dernière vérité, c'est que si l'on augmente ou que l'on diminue dans une quantité donnée d'air de l'atmosphère, la quantité de véritable air, d'air éminemment respirable qu'elle contient, on augmente ou on diminue dans la même proportion la quantité de métal qu'on peut y calciner, et jusqu'à un certain point le tems que les animaux peuvent y vivre.

Les bornes que je me suis prescrites dans ce Mémoire, ne m'ont pas permis d'y faire entrer

beaucoup d'autres expériences qui viennent à l'appui de la théorie que j'y expose ; de ce nombre sont une partie de celles dont nous nous sommes occupés dans le laboratoire de Montigny, MM. Trudaine, de Montigny et moi : ces expériences, suivant ce que nous avons lieu d'espérer, jetteront encore un nouveau jour, non-seulement sur la respiration des animaux, mais encore sur la combustion ; opérations qui ont encore entre elles un rapport beaucoup plus grand qu'on ne le croiroit au premier coup-d'œil.

MÉMOIRE

Sur la Respiration des Animaux (1).

La respiration est une des fonctions les plus importantes de l'économie animale, et en général elle ne peut être quelque temps suspendue sans que la mort n'en soit une suite inévitable. Cependant jusqu'à ces derniers tems, on a complètement ignoré quel est son usage, quels sont ses effets : et tout ce qui est relatif à la respiration étoit au nombre de ces secrets que la nature sembloit s'être réservés.

Le retard de nos connoissances sur un objet aussi important, tient à ce qu'il existe un enchaînement nécessaire dans la suite de nos idées, un ordre indispensable dans la marche de l'esprit humain ; à ce qu'il étoit impossible de rien savoir sur ce qui se passe dans la respiration avant [illegible] eût reconnu :

1°. [illegible] calorique (matière de chaleur) est un principe constitutif des fluides (2), et

(1) M. Séguin a coopéré aux expériences consignées dans ce Mémoire et les suivans.

(2) Sous ce nom générique, nous comprenons les *airs* et les *gaz*.

que c'est à ce principe qu'ils doivent leur état d'expansibilité, leur élasticité, et plusieurs autres des propriétés que nous leur connoissons.

2°. Que l'air de l'atmosphère est un composé de deux fluides aériformes, savoir, d'un quart environ d'air vital, et de trois quats de gaz azote.

3°. Que la base de l'air vital, l'oxygène, est un principe commun à tous les acides, et que c'est lui qui constitue leur acidité.

4°. Que le gaz acide carbonique (air fixe) est le résultat de la combinaison d'environ 72 parties, en poids, d'oxygène, et de 28 parties de carbone (charbon pur).

5°. Qu'il entre moins de calorique dans la composition d'un volume donné de gaz acide carbonique, que dans un pareil volume d'air vital, et que c'est par cette raison qu'il se dégage du calorique pendant la combustion du carbone, c'est-à-dire, pendant la conversion de l'air vital en gaz acide carbonique par l'addition du carbone.

6°. Enfin, que l'eau n'est point un élément, n'est point une substance simple, comme le croyoient les anciens; mais qu'elle est composée de 14,338 parties d'oxygène, et de 85,668 d'hydrogène (1).

(1) Nous nous servons ici du résultat indiqué par

M. Lavoisier a établi toutes ces vérités dans une suite de mémoires ; et maintenant que ces vérités ont reçu la sanction du temps, qu'elles se trouvent confirmées par l'assentiment de presque tous les physiciens et les chimistes de l'Europe, nous pouvons dire avec confiance qu'il n'en existe pas en chimie, qui soient fondées sur des preuves plus évidentes.

Enfin il étoit impossible de soumettre à des expériences précises les effets de la respiration avant qu'on eût acquis des moyens simples, faciles et expéditifs de faire l'analyse de l'air ; et c'est un service que M. Séguin vient de rendre à la chimie (1).

Boile, Hales, Black et Priestley, sont les premiers qui se soient apperçus que la respiration exerce une action marquée sur l'air de l'atmosphère ; qu'elle en diminue le volume, qu'elle en change la nature, et qu'en un assez court intervalle de temps, le fluide qui sert à cette fonction, perd la propriété d'entretenir la vie des animaux.

Sans trop se rendre compte de ce qui se pas-

MM. Fourcroy, Séguin et Vauquelin, parce qu'il dérive d'une des expériences les plus exactes qui aient été faites en chimie.

(1) Mémoire sur l'Eudiométrie. *Annales de Chimie*, tom. IX, pag. 293.

soit dans ce genre d'expérience, les chimistes, sectateurs de la doctrine de Stahl, essayèrent d'en expliquer les résultats : ils y parvinrent avec cette facilité qu'on leur connoît; c'est-à-dire, à l'aide de leur principe ordinaire, le phlogistique qui, comme un Protée, peut se prêter à tout, et prendre toutes les couleurs comme toutes les formes. Supposant donc que, pendant la respiration, il s'exhaloit des poumons des animaux une certaine quantité de phlogistique, les disciples de Stahl admirent la phlogistication de l'air par la respiration, comme ils avoient admis la phlogistication par la combution, par l'oxidation des métaux, etc.; et comme les produits de ces différentes opérations leur parurent identiques, ils y trouvèrent de nouveaux motifs de conclure que le phlogistique étoit un être identique dans les trois règnes de la nature.

Des expériences de comparaison que M. Lavoisier entreprit bientôt après, lui firent connoître les principaux effets et les différens produits de la respiration, de la combustion, de l'oxidation, etc. et le mirent en état d'apprécier le degré d'analogie qui existe entre ces diverses opérations. Il fit voir que dans toutes il y a décomposition de l'air vital contenu dans l'air atmosphérique, et dégagement d'une portion de son

son calorique spécifique; que dans toutes, il reste après le lavage dans l'alkali (alkali caustique), un résidu identique, le gaz azote, qui n'est point un produit de l'opération, mais qui est une partie constituante de l'air atmosphérique.

Il annonça ensuite, en 1777, que la respiration est une combustion lente d'une portion de carbone que contient le sang, et que la chaleur animale est entretenue par la portion de calorique qui se dégage au moment de la conversion de l'air vital de l'atmosphère en gaz acide carbonique, comme il arrive dans toute combustion de carbone.

Les expériences que publièrent, en 1780, MM. de la Place et Lavoisier (1), non-seulement confirmèrent ces énoncés, mais elles offrirent encore un résultat tout-à-fait inattendu, et dont il étoit impossible alors de sentir toute l'importance. Ces deux physiciens reconnurent qu'il se dégage des animaux, dans un temps donné, une quantité de calorique plus grande que celle qui devroit résulter de la quantité de gaz acide carbonique qui se forme dans un temps égal, par leur respiration.

---

(1) Mémoires de l'académie des sciences, ann. 1780, page 355.

Enfin, en 1785, M. Lavoisier crut pouvoir annoncer, dans un Mémoire publié dans le recueil de la société de Médecine, que très-probablement la respiration ne se borne pas à une combustion de carbone, mais qu'elle occasionne encore la combustion d'une partie de l'hydrogène contenu dans le sang ; et conséquemment que la respiration opère, non-seulement une formation de gaz acide carbonique, mais encore une formation d'eau ; ce qui explique parfaitement bien le phénomène observé par MM. de la Place et Lavoisier.

M. Séguin donna de nouveaux développemens à cette théorie, et la confirma par de nouvelles expériences dans un Mémoire qu'il lut à la Société de Médecine. Il y présenta un extrait des recherches de MM. Priestley, Crawford, Hamilton, etc. sur cet objet, et y exposa les conséquences qu'on pouvoit en déduire.

Tel étoit l'état de nos connoissances à l'instant où nous avons formé le plan d'un travail très-étendu, sur presque toutes les parties de l'économie animale. Nous allons présenter dans ce premier mémoire les principaux résultats des expériences que nous avons faites sur la respiration.

En partant des connoissances acquises, et en

nous réduisant à des idées simples, que chacun puisse facilement saisir, nous dirons d'abord, en général, que la respiration n'est qu'une combustion lente de carbone et d'hydrogène, qui est semblable en tout à celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée; et que sous ce point de vue, les animaux qui respirent sont de véritables corps combustibles qui brûlent et se consument.

Dans la respiration comme dans la combustion, c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'oxygène et le calorique; mais comme dans la respiration, c'est la substance même de l'animal, c'est le sang qui fournit le combustible, si les animaux ne réparoient pas habituellement par les alimens ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile manqueroit bientôt à la lampe, et l'animal périroit comme une lampe s'éteint lorsqu'elle manque de nourriture.

Les preuves de cette identité d'effets entre la respiration et la combustion se déduisent immédiatement de l'expérience. En effet, l'air qui a servi à la respiration, ne contient plus, à la sortie du poumon, la même quantité d'oxygène; il renferme non-seulement du gaz acide carbonique, mais encore beaucoup plus d'eau qu'il n'en contenoit avant l'inspiration. Or, comme l'air vital ne peut se convertir en gaz acide car-

bonique que par une addition de carbone; qu'il ne peut se convertir en eau que par une addition d'hydrogène; que cette double combinaison ne peut s'opérer sans que l'air vital ne perde une partie de son calorique spécifique; il en résulte que l'effet de la respiration est d'extraire du sang une portion de carbone et d'hydrogène, et d'y déposer à la place une portion de son calorique spécifique, qui, pendant la circulation, se distribue avec le sang dans toutes les parties de l'économie animale, et entretient cette température à-peu-près constante, qu'on observe dans tous les animaux qui respirent.

On diroit que cette analogie qui existe entre la respiration et la combustion, n'avoit point échappé aux poètes ou plutôt aux philosophes de l'antiquité dont ils étoient les interprètes et les organes. Ce feu dérobé du ciel, ce flambeau de Prométhée, ne présente pas seulement une idée ingénieuse et poétique; c'est la peinture fidèle des opérations de la nature, du moins pour les animaux qui respirent : on peut donc dire avec les anciens, que le flambeau de la vie s'allume au moment où l'enfant respire pour la première fois, et qu'il ne s'éteint qu'à sa mort.

En considérant des rapports si heureux, on seroit quelquefois tenté de croire qu'en effet

les anciens avoient pénétré plus avant que nous ne le pensons, dans le sanctuaire des connoissances, et que la fable n'est véritablement qu'une allégorie sous laquelle ils cachoient les grandes vérités de la médecine et de la physique.

Tout ce que nous avons à dire en ce moment sur la respiration, n'est que le développement de l'idée principale que nous venons d'énoncer. Nous avons commencé ce mémoire par où, peut-être, nous aurions dû le finir, par la conséquence. Mais nous avons pensé qu'au risque même de nous répéter, il pourroit être utile d'offrir, dès le commencement, au lecteur, le fil qui doit le conduire. Le voyageur est moins sujet à s'égarer, lorsqu'il voit devant lui le terme auquel il se propose d'arriver.

C'est sur des cochons d'Inde que nous avons d'abord opéré. Ces animaux sont doux, la nature ne leur a donné aucun moyen de nuire : ils sont d'une constitution robuste, faciles à nourrir; ils supportent long-temps la faim et la soif; enfin ils sont assez gros pour produire en très-peu de temps des altérations sensibles dans l'air qu'ils respirent.

La quantité d'air vital qu'ils consomment

par heure, est de 40 à 50 pouces cubiques, suivant leur force et leur grosseur ; mais comme le gaz acide carbonique est pour eux, ainsi que pour presque tous les animaux, un poison mortel qu'ils ne peuvent respirer, même en médiocre quantité, sans éprouver des accidens funestes, il est nécessaire, pour continuer long-temps les expériences sur le même animal, sans qu'il en souffre, d'absorber le gaz acide carbonique à mesure qu'il se forme. Pour remplir cet objet, nous commencions par faire passer sous une cloche de verre, une quantité connue d'air vital ; nous y introduisions ensuite le cochon d'Inde, en le faisant passer à travers l'eau : dès qu'il étoit sous la cloche, nous le soulevions et nous le soutenions dans l'air qu'elle contenoit, à l'aide d'une espèce de sibille de bois, montée sur trois pieds, et recouverte d'une toile de crin : les pieds de ce support étoient assez longs pour que l'animal fût soutenu à six ou huit pouces au-dessus de la surface de l'eau.

On conçoit que la sibille, en passant ainsi à travers de l'eau, devoit s'en remplir : nous la vidions avec un siphon ; après quoi nous y introduisions de l'alkali au moyen d'un entonnoir adapté à un tube recourbé. Ces opérations se font avec facilité, quand on y est habitué.

Pour plus de sûreté, nous placions encore entre les trois pieds du support une capsule qui nageoit sur la surface de l'eau, et que nous remplissions également d'alkali. Avec ces précautions le gaz acide carbonique étoit aussi-tôt absorbé que formé, et l'animal n'étoit pas plus incommodé, que s'il eût respiré dans l'air libre. Si l'expérience dure long-temps, plusieurs jours par exemple, il faut remplacer par des quantités connues d'air vital, celui qui est absorbé par la respiration de l'animal, ou plutôt qui est employé à former du gaz acide carbonique et de l'eau. On doit avoir également soin de renouveler l'alkali, lorsqu'il approche d'être saturé d'acide carbonique.

On sait que la combustion, toutes choses égales d'ailleurs, est d'autant plus rapide que l'air dans lequel elle s'opère, est plus pur. Ainsi, par exemple, il se consomme dans un temps donné beaucoup plus de charbon ou de tout autre combustible, dans l'air vital, que dans l'air de l'atmosphère. On avoit toujours pensé qu'il en étoit de même de la respiration; qu'elle devoit s'accélérer dans l'air vital, et qu'alors il devoit se dégager soit dans le poumon, soit dans le cours de la circulation une plus grande quantité de calorique. Mais l'expérience a détruit

toutes ces opinions qui n'étoient fondées que sur l'analogie. Soit que les animaux respirent dans l'air vital pur, soit qu'ils respirent dans ce même air, mélangé avec une proportion plus ou moins considérable de gaz azote, la quantité d'air vital qu'ils consomment est toujours la même, à de très-légères différences près. Il nous est arrivé plusieurs fois, de tenir un cochon d'Inde pendant plusieurs jours, soit dans l'air vital pur, soit dans un mélange de quinze parties de gaz azote et d'une d'air vital, en entretenant constamment les mêmes proportions; l'animal dans les deux cas est demeuré dans son état naturel; sa respiration et sa circulation ne paroissoient pas sensiblement, ni accélérées, ni retardées; sa chaleur étoit égale; et il avoit seulement, lorsque la proportion de gaz azote devenoit trop forte, un peu plus de disposition à l'assoupissement.

M. Lavoisier avoit déjà annoncé que le gaz azote, contenu dans l'atmosphère, n'éprouvoit aucun changement pendant la respiration, et qu'il ressortoit du poumon en même quantité qu'il y étoit entré. Nous avons cru devoir constater ce fait par des expériences très-rigoureuses, et nous nous sommes assurés que réellement il n'y a ni dégagement, ni absorption de gaz

azote pendant la respiration. Il y avoit, d'après cela, lieu de présumer qu'on pouvoit substituer au gaz azote qui entre dans la composition de l'air de l'atmosphère, un volume égal d'un gaz quelconque, pourvu qu'il ne fût ni acide, ni alkali, et qu'il n'eût aucune qualité nuisible. L'expérience a encore confirmé pleinement cette conjecture.

Nous avons essayé d'introduire des cochons d'Inde sous des cloches de verre, remplies d'un mélange d'air vital et de gaz hydrogène pur, à-peu-près dans les proportions en volume, qui existent entre l'air vital et le gaz azote dans l'air de l'atmosphère. Ils y ont demeuré long-temps sans paroître souffrir; et ce n'est qu'au bout de huit ou dix heures qu'ils ont donné des signes de mal-aise. Le gaz hydrogène n'a paru avoir éprouvé aucune diminution, et il est ressorti de leur poumon à-peu-près tel qu'il y étoit entré.

Nous répéterons une dernière fois que dans toutes ces expériences, il est nécessaire d'absorber, au moyen de l'alkali, le gaz acide carbonique à mesure qu'il se forme; qu'autrement l'animal périroit en peu de temps, par une suite de l'action irritante que le gaz acide carbonique exerce sur le poumon.

Ces premières expériences donnoient déjà

des idées générales sur la respiration : nous avions même entrevu qu'elle s'accéléroit pendant la digestion, et que les animaux consommoient alors une plus grande quantité d'air. Nous avions également apperçu que le mouvement et l'agitation augmentoient encore ces effets : mais nous étions loin encore du but que nous nous étions proposé d'atteindre, et d'ailleurs après avoir opéré sur des animaux, nous desirions de faire des applications plus particulières à ce qui se passe dans la respiration humaine.

Quelque pénibles, quelque désagréables, quelque dangereuses même que fussent les expériences auxquelles il falloit se livrer, M. Séguin a desiré qu'elles se fissent toutes sur lui-même. Nous les avons répétées un grand nombre de fois, et la précision des résultats a presque toujours été au-delà de nos espérances.

Il résulte des expériences auxquelles M. Séguin s'est soumis, qu'un homme à jeun, dans un état de repos et dans une température de 26 degrés de thermomètre de mercure, divisé en 80 parties, consomme par heure 1210 pouces cubes d'air vital : que cette consommation augmente par le froid, et que le même homme également à jeun et en repos, mais dans une tem-

pérature de 12 degrés seulement, consomme par heure 1344 pouces d'air vital.

Pendant la digestion, cette consommation s'élève à 18 ou 1900 pouces.

Le mouvement et l'exercice augmentent considérablement toutes ces proportions. M. Séguin étant à jeun et ayant élevé, pendant un quart-d'heure, un poids de 15 livres à une hauteur de 613 pieds, sa consommation d'air, pendant ce temps, a été de 800 pouces, c'est-à-dire de 3200 pouces par heure.

Enfin le même exercice fait pendant la digestion, a porté à 4600 pouces par heure la quantité d'air vital consommé. Les efforts que M. Séguin avoit faits dans cet intervalle, équivaloient à l'élévation d'un poids de 15 livres à une hauteur de 650 pieds pendant un quart-d'heure.

Dans toutes ces expériences, la température du sang demeure assez constamment la même, du moins à quelques fractions de degrés près. Mais le nombre des pulsations des artères, et celui des inspirations varient d'une manière très-remarquable. Nous sommes parvenus à cet égard, à constater deux loix de la plus haute importance. La première, c'est que l'augmentation du nombre des pulsations est assez exac-

tement, en raison directe de la somme des poids élevés à une hauteur déterminée, pourvu toutefois que la personne soumise aux expériences ne porte pas ses efforts trop près de la limite de ses forces ; parce qu'alors elle est dans un état de souffrance, et sort de l'état naturel. La seconde, c'est que la quantité d'air vital consommé est, toutes choses égales d'ailleurs, lorsque la personne ne respire qu'aussi souvent que le besoin l'exige, en raison composée des inspirations et des pulsations, c'est-à-dire, en raison directe du produit des inspirations par les pulsations.

Nous ne parlons en ce moment que de rapports. On conçoit en effet que la consommation absolue doit varier considérablement dans différens individus, suivant leur âge, leur état de vigueur et de santé, suivant qu'ils ont plus ou moins contracté l'habitude des travaux pénibles ; mais il n'en est pas moins vrai qu'il existe pour chaque personne une loi qui ne se dément pas, lorsque les expériences sont faites dans les mêmes circonstances et à des intervalles de temps peu éloignés. Ces loix sont même assez constantes pour qu'en appliquant un homme à un exercice pénible, et en observant l'accélération qui en résulte dans le cours de la circulation, on puisse en conclure à quel poids élevé

à une hauteur déterminée, répond la somme des efforts qu'il a faits pendant le temps de l'expérience.

Ce genre d'observations conduit à comparer des emplois de force entre lesquels il sembleroit n'exister aucun rapport. On peut connoître, par exemple, à combien de livres, en poids, répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourroit même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose. Ces effets, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel qui permet, sous ce rapport, de les comparer avec ceux que fait l'homme de peine. Ce n'est donc pas sans quelque justesse que la langue française a confondu sous la dénomination commune de *travail*, les efforts de l'esprit comme ceux du corps, le travail du cabinet et le travail du mercenaire.

Il résulte de tout ce que nous venons de dire, que la quantité d'air vital que consomment les différens individus, est très-variable, et qu'elle n'est rigoureusement la même dans aucune circonstance de la vie, dans aucun des instans de

la journée. Cependant, si l'on veut avoir de cette consommation moyenne, ou du moins la plus ordinaire, une idée facile à retenir, on peut l'évaluer à un pied cube ou 1728 pouces par heure; ce qui revient, pour les 24 heures, à 24 pieds cubes, et en poids, à 2 livres 1 once 1 gros. Nous donnerons avec une grande exactitude, dans un prochain Mémoire, la quantité d'acide carbonique et d'eau que cette quantité d'air forme dans le poumon : en attendant, nous supposerons que cette quantité est de 2 livres 5 onces 4 gros d'acide carbonique, et de 5 gros 51 grains d'eau.

Mais puisque l'acide carbonique est composé de 72 parties de gaz oxygène, et de 28 de charbon; puisque l'eau est composée de 85 parties d'oxygène et de 15 d'hydrogène ou gaz inflammable; enfin, puisqu'il se forme en 24 heures, par la respiration, 2 livres 5 onces 4 gros d'acide carbonique, il en résulte que la respiration enlève au sang, en 24 heures, 10 onces 4 gros de carbone et 1 once 5 gros 51 grains d'hydrogène.

Tant que nous n'avons considéré dans la respiration que la seule consommation de l'air, le sort du riche et celui du pauvre étoit le même; car l'air appartient également à tous, et ne

coûte rien à personne. L'homme de peine qui travaille davantage, jouit même plus complètement de ce bienfait de la nature. Mais maintenant que l'expérience nous apprend que la respiration est une véritable combustion qui consume, à chaque instant, une portion de la substance de l'individu ; que cette consommation est d'autant plus grande, que la circulation et la respiration sont plus accélérées, qu'elle augmente à proportion que l'individu mène une vie plus laborieuse et plus active : une foule de considérations morales naissent comme d'elles-mêmes de ces résultats de la physique. Par quelle fatalité arrive-t-il que l'homme pauvre qui vit du travail de ses bras, qui est obligé de déployer, pour sa subsistance, tout ce que la nature lui a donné de forces, consomme plus que l'homme oisif, tandis que ce dernier a moins besoin de réparer ? Pourquoi, par un contraste choquant, l'homme riche jouit-il d'une abondance qui ne lui est pas physiquement nécessaire, et qui sembloit destinée pour l'homme laborieux ? Gardons-nous cependant de calomnier la nature, et de l'accuser des fautes qui tiennent, sans doute, à nos institutions sociales, et qui peut-être en sont inséparables. Contentons-nous de bénir la philosophie et l'humanité qui se réunissent pour nous

promettre des institutions sages, qui tendront à rapprocher les fortunes de l'égalité, à augmenter le prix du travail, à lui assurer sa juste récompense ; à présenter à toutes les classes de la société, et sur-tout aux classes indigentes, plus de jouissances et plus de bonheur. Faisons des vœux sur-tout pour que l'enthousiasme et l'exagération qui s'emparent si facilement des hommes réunis en assemblées nombreuses, pour que les passions humaines qui entraînent la multitude si souvent contre son propre intérêt, et qui comprennent dans leur tourbillon le sage et le philosophe comme les autres hommes, ne renversent pas un ouvrage entrepris dans de si bonnes vues, et ne détruisent pas l'espérance de la patrie.

L'ordre physique, assujetti à des loix immuables, arrivé dès long-tems à un état d'équilibre que rien ne peut déranger, n'est point sujet à ces mouvemens tumultueux que présente quelquefois l'ordre moral. C'est une chose vraiment admirable que ce résultat de forces continuellement variables et continuellement en équilibre, qui s'observent, à chaque pas, dans l'économie animale, et qui permettent à l'individu de se prêter à toutes les circonstances où le hasard le place. L'homme, à cet égard, a été plus favorisé, par la nature, qu'aucun des

autres,

autres animaux : il vit également dans toutes les températures et dans tous les climats : son tempérament se prête au mouvement et au repos, à l'abstinence comme aux excès de nourriture : presque tous les alimens lui sont bons, soit qu'ils soient succulens, soit qu'ils ne le soient pas, soit qu'ils appartiennent à un règne ou à un autre.

Se trouve-t-il dans un climat froid ? d'un côté, l'air étant plus dense, il s'en décompose une plus grande quantité dans le poumon ; plus de calorique se dégage et va réparer la perte qu'occasionne le refroidissement extérieur. D'un autre côté, la transpiration diminue, il se fait moins d'évaporation, donc moins de refroidissement. Le même individu passe-t-il dans une température beaucoup plus chaude ? l'air est plus raréfié, il ne s'en décompose plus une aussi grande quantité ; moins de calorique se dégage dans le poumon ; une transpiration abondante, qui s'établit, enlève tout l'excédent du calorique que fournit la respiration : et c'est ainsi que s'établit cette température à-peu-près constante de 32° (*Thermomètre de Réaumur*), que plusieurs quadrupèdes, et que l'homme, particulièrement, conservent dans quelque circonstance qu'ils se trouvent.

Il existe de semblables compensations qui

permettent à l'homme de passer successivement, suivant ses besoins et sa volonté, d'une vie active à une vie tranquille : se tient-il dans un état d'inaction et de repos ? la circulation est lente ainsi que la respiration : il consomme moins d'air : il exhale par le poumon, moins de carbone et d'hydrogène, et, conséquemment, il a besoin de moins de nourriture.

Est-il obligé de se livrer à des travaux pénibles ? la respiration s'accélère ; il consomme plus d'air ; il perd plus d'hydrogène et de carbone, et, conséquemment, il a besoin de réparer plus souvent et davantage par la nutrition.

En rapprochant ces réflexions des résultats qui les ont précédées, on voit que la machine animale est principalement gouvernée par trois régulateurs principaux ; la respiration qui consomme de l'hydrogène et du carbone, et qui fournit du calorique ; la transpiration qui augmente ou diminue suivant qu'il est nécessaire d'emporter plus ou moins de calorique ; enfin la digestion, qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration et la transpiration.

L'intensité de l'action de ces trois agens peut varier dans des limites assez étendues : mais il est des bornes au-delà desquelles les compensa-

tions ne peuvent plus avoir lieu, et c'est alors que commence l'état de maladie.

Dans la course, dans la danse, dans tous les exercices violens, quelqu'accélération qu'éprouvent la respiration et la circulation, quelqu'accroissement que prenne la consommation d'air, de carbone et d'hydrogène, l'équilibre de l'économie animale n'est pas troublé, tant que les alimens, plus ou moins digérés, qui sont presque toujours en réserve dans l'étendue du canal intestinal, fournissent aux pertes : mais si la dépense qui se fait par le poumon est supérieure à la recette qui se fait par la nutrition, le sang se dépouille de plus en plus d'hydrogène et de carbone ; et telle est la cause, sans doute, des maladies inflammatoires, proprement dites.

Dans ces cas, l'animal est averti du danger qu'il court, par la lassitude, par l'épuisement et par la perte de ses forces ; il sent le besoin de rétablir l'équilibre dans l'économie animale, par la nourriture et par le repos. Les individus, d'un tempérament foible, en sont avertis plutôt que les autres ; et c'est par cette raison que les personnes d'un tempérament robuste, sont les plus exposées aux maladies violentes.

L'effet contraire doit arriver, soit par le défaut absolu de tout mouvement, de tout exercice ; soit par l'usage de certains alimens ; soit

enfin par un vice des organes de la nutrition ou de ceux de la respiration. La digestion, dans ces différens cas, introduisant dans le sang plus de substance que la respiration n'en peut consommer, il doit s'établir dans la masse du sang un excès de carbone ou un excès d'hydrogène; ou de l'un et de l'autre à-la-fois. La nature lutte alors contre cette altération des humeurs: elle presse la circulation par la fièvre; elle s'efforce de réparer par une respiration accélérée, le désordre qui trouble sa marche: souvent elle y parvient, sans aucun secours étranger, et alors l'animal recouvre la santé. Dans le cas contraire, il succombe, à moins que la nature ne trouve d'autres moyens de rétablir l'équilibre. C'est très-probablement ce qui se passe dans les maladies putrides, les fièvres malignes, &c. classe de maladies bien connue quant aux symptômes, mais très-peu connue quant aux causes qui les produisent, et quant aux méthodes curatives.

On conçoit, d'après ces simples apperçus, comment l'art du médecin consiste souvent à laisser la nature aux prises avec elle-même; comment, par la diète seule, il est possible de changer la qualité du sang, en diminuant la quantité de carbone et d'hydrogène qu'il contient: en effet alors la respiration consommant toujours, et la digestion ne fournissant plus,

le sang doit alors se dépouiller de plus en plus de carbone et d'hydrogène.

On conçoit encore comment une diète trop austère et trop long-tems continuée, pourroit changer, à la longue, la nature de la maladie; comment les purgatifs, en suspendant les fonctions de la digestion, donnent à la respiration le temps de remplir son office et d'évacuer l'excès du carbone et de l'hydrogène qui s'est accumulé dans le sang; comment les mêmes purgatifs imprudemment administrés dans les maladies où les humeurs tendent à l'inflammation, contrarient le vœu de la nature, empêchent les organes de la digestion de rendre au sang l'hydrogène et le carbone qui lui manquent, augmentent l'inflammation et conduisen le malade à la mort.

Enfin, on conçoit comment les altérations survenues à l'air qui nous environne, peuvent être la cause de maladies endémiques, des fièvres d'hôpitaux et de prisons, comment le grand air, une respiration plus libre, un changement de genre de vie sont souvent, pour ces dernières maladies, le remède le plus efficace.

Nous ne nous dissimulons pas une objection qu'on peut faire, et que nous nous sommes faite à nous-mêmes, contre la théorie que nous ve-

nons de présenter. Aucune expérience ne prononce d'une manière décisive que le gaz acide carbonique qui se dégage pendant l'expiration, se soit formé immédiatement dans le poumon, ou dans le cours de la circulation, par la combinaison de l'oxygène de l'air avec le carbone du sang. Il seroit possible qu'une partie de cet acide carbonique se formât par la digestion, qu'il fût introduit dans la circulation avec le chyle ; enfin, que parvenu dans le poumon, il fut dégagé du sang à mesure que l'oxygène se combine avec lui par une affinité supérieure.

Les expériences que nous avons déjà entreprises sur la digestion et sur la transpiration, éclairciront probablement ce doute : elles lèveront, nous l'espérons du moins, les incertitudes qui nous restent encore sur cet objet. Peut-être alors serons-nous obligés d'apporter quelques changemens à la doctrine que nous avons présentée dans ce Mémoire. Ces modifications des premières idées ne coûtent rien à ceux qui ne cherchent la vérité que pour elle-même, et sans autre desir que celui de la trouver. Nous ne nous croyons pas, au surplus, éloignés du terme où, après avoir éliminé toutes les incertitudes, la théorie de la respiration ne laissera plus rien à desirer.

Nous terminerons ce Mémoire par une réflexion consolante. Il n'est pas indispensable, pour bien mériter de l'humanité, et pour payer son tribut à la patrie, d'être appelé à ces fonctions publiques et éclatantes, qui concourent à l'organisation et à la régénération des empires. Le physicien peut aussi, dans le silence de son laboratoire et de son cabinet, exercer des fonctions patriotiques : il peut espérer par ses travaux de diminuer la masse des maux qui affligent l'espèce humaine, d'augmenter ses jouissances et son bonheur; et n'eût-il contribué, par les routes nouvelles qu'il s'est ouvertes, qu'à prolonger de quelques années, de quelques jours même, la vie moyenne des hommes, il pourroit aspirer aussi au titre glorieux de bienfaiteur de l'humanité.

PREMIER MÉMOIRE

Sur la Transpiration des Animaux.

DANS le Mémoire précédent, nous avons fait voir que la machine animale est gouvernée par trois régulateurs principaux.

La respiration qui, en opérant dans le poumon, et peut-être aussi dans d'autres endroits du systême, une combustion lente d'une partie de l'hydrogène et du carbone que contient le sang, produit un dégagement de calorique absolument nécessaire à l'entretien de la chaleur animale.

La transpiration qui, en occasionnant une perte de l'humeur transpirable, facilite le dégagement d'une certaine quantité de calorique nécessaire à la dissolution de cette humeur dans l'air environnant, et empêche conséquemment, par le refroidissement continuel que produit ce dégagement, que l'individu ne prenne un degré de température supérieur à celui qu'a fixé la nature.

La digestion qui, fournissant au sang de l'eau, de l'hydrogène et du carbone, rend habituellement à la machine ce qu'elle perd par la

transpiration et par la respiration, et rejette ensuite au-dehors, par la déjection, les substances qui nous sont nuisibles ou superflues.

Les effets de ces différentes causes varient en raison d'une infinité de circonstances, même dans des limites assez étendues; et c'est ainsi que, par des moyens variables dont les effets se compensent, la nature parvient à cet état d'équilibre et de régularité qui constitue l'état de santé.

L'homme se trouve-t-il dans un climat froid? D'un côté, à raison de la plus grande densité de l'air, le contact dans le poumon devient plus considérable; plus d'air s'y décompose, plus de calorique s'y dégage et va réparer la perte qu'occasionne le refroidissement extérieur: en même tems la transpiration diminue; il se fait moins d'évaporation, donc moins de refroidissement.

Le même individu passe-t-il dans une température beaucoup plus chaude? L'effet contraire arrive: l'air étant moins dense, son contact avec le sang est moins considérable; moins d'air se décompose, moins de calorique se dégage; une transpiration plus abondante s'établit, une plus grande quantité de calorique est enlevée, et c'est ainsi que se maintient ce degré

de chaleur à-peu-près uniforme qui s'observe dans les animaux qui respirent.

Tant que la variation de ces effets ne sort pas des limites qu'a fixées la nature, tant que les moyens de compensation qu'elle employe sont suffisans, l'animal est dans l'état de santé. Mais si la respiration enlève par le poumon plus ou moins d'hydrogène et de carbone que la digestion n'en fournit ; si la transpiration et le refroidissement qu'elle occasionne concurremment avec l'air environnant, n'enlèvent pas tout le calorique qui provient de la décomposition de l'air vital opérée dans le poumon ou dans tout autre endroit de notre système ; si par-tout, enfin, la recette n'est pas égale à la dépense : l'économie animale est bientôt troublée, et le sang change de qualité, soit par excès, soit par défaut d'hydrogène, de carbone, ou de tous les deux à la fois.

Nous avons fait voir comment, dans ces circonstances, la nature accélère ou retarde le mouvement de la circulation ; comment elle augmente ou diminue la quantité de sang qui passe en un temps donné dans les poumons ; avec quelle énergie elle lutte contre les obstacles ; et comment elle parvient souvent à la surmonter, quand elle n'est pas troublée dans sa marche.

C'est principalement sur les phénomènes de la respiration que nous avons fixé notre attention dans nos Mémoires sur la respiration des animaux. Nous allons présenter aujourd'hui le commencement d'un travail très-étendu sur leur transpiration; et nous passerons successivement en revue, dans d'autres Mémoires, tous les phénomènes des fonctions animales les plus importantes.

On donne, en général, le nom de transpiration à une émanation principalement aqueuse, qui s'exhale continuellement du corps des animaux, qui échappe à la vue, et qui ne devient sensible que lorsqu'elle cesse d'être tenue en dissolution dans l'air.

Ce n'est pas seulement par les pores de la peau que cette émanation a lieu; il s'exhale aussi une quantité considérable d'humidité par le poumon à chaque expiration. Nous distinguerons donc ici la *transpiration cutanée*, celle qui se fait par la peau, d'avec la *transpiration pulmonaire*.

Sanctorius est le premier qui ait entrepris des expériences suivies sur la transpiration. Avant lui les effets de cette fonction étoient plutôt soupçonnés que connus.

Il se plaçoit dans une chaise adaptée à une balance qui porte son nom, et il déterminoit

la quantité de sa transpiration, par la perte du poids qu'il éprouvoit.

Mais cet homme justement célèbre, si recommandable par son zèle et par sa patience, auquel nous avons l'obligation de nous avoir ouvert la carrière, manquoit d'une foule de données réservées à d'autres siècles. On ne connoissoit point alors les phénomènes de la respiration, la formation d'eau et d'acide carbonique qui l'accompagne; on ignoroit qu'il existât deux sortes d'évaporations, l'une qui se fait par voie de dissolution dans l'air, l'autre qui a lieu par la simple combinaison du calorique avec le liquide qu'on veut vaporiser. On ne savoit pas même que les causes principales qui influencent la respiration sont la densité plus ou moins grande de l'air, sa température et son degré de sécheresse ou d'humidité.

Sanctorius, privé de ces connoissances, a confondu tous les effets, et a regardé comme simple un résultat très-composé. Son appareil étoit d'ailleurs tellement défectueux, qu'il lui donnoit à peine l'exactitude des onces dans les pesées.

Ces réflexions sont applicables aux expériences faites par Dodard, dont l'historien de l'Académie, Fontenelle, nous a conservé les principaux résultats.

On ne peut se défendre d'un sentiment d'étonnement, lorqu'on considère que c'est sur des expériences, on ose dire, aussi grossières, que d'habiles médecins ont principalement fondé, comme l'observe l'historien de l'Académie, leur théorie et leur pratique. C'est alors qu'on sent combien sont précieux ces établissemens publics qui rassemblent à des époques déterminées, les savans attachés à tous les genres des sciences. C'est-là que les esprits se perfectionnent par la discussion, par la contradiction même; que les sciences, très-éloignées les unes des autres en apparence, s'éclairent réciproquement; enfin, que se forme cette méthode devenue commune à toutes les sciences, *l'esprit d'analyse.*

C'est sur-tout depuis qu'une société naissante, déjà célèbre dès son premier âge, a porté dans ces travaux cet esprit d'analyse, que la Médecine, long-tems stationnaire, a commencé à participer au mouvement rapide que ce siècle de philosophie a imprimé à toutes les sciences. C'est dans le sein et sous les yeux de la société de Médecine que se sont faites presque toutes les découvertes modernes relatives à l'économie animale; elle les a toutes accueillies avec un grand empressement.

Dans le plan que nous-nous étions tracé,

nous avions trois effets à examiner : ceux de la transpiration cutanée, ceux de la transpiration pulmonaire, ceux de la respiration ; et la méthode analytique, la seule qui puisse servir de guide dans les expériences, exigeoit que nous trouvassions des moyens de séparer ces trois effets, et d'interroger, pour ainsi dire, l'une après l'autre, les trois causes qui les produisent.

Un habillement de taffetas enduit de gomme élastique qui ne laisse pénétrer ni l'air, ni l'humidité, nous a servi à séparer tous les phénomènes de la transpiration cutanée de ceux de la transpiration. L'un de nous entroit dans cette espèce de vêtement qui se fermoit par-dessus la tête au moyen d'une forte ligature ; un tuyau qui s'adaptoit à sa bouche, et qui se mastiquoit sur la peau, de manière à ne laisser échapper aucune portion d'air, lui donnoit la liberté de respirer.

Tout ce qui appartenoit à la respiration, se passoit par ce moyen en dehors de l'appareil : tout ce qui appartenoit à la transpiration, se passoit en dedans.

En se pesant avant d'entrer dans l'appareil, et après en être sorti, la différence donnoit la perte de poids due aux effets réunis de la respiration et de la transpiration.

En se pesant quelques instans après être entré

dans l'appareil, et quelques instans avant d'en sortir, on avoit la perte de poids due seulement aux effets de la respiration.

De toutes les difficultés que nous avons rencontrées dans ce travail, la plus considérable a été la séparation des effets de la respiration, de la transpiration pulmonaire et de la transpiration cutanée. Pour mieux saisir ce que nous avons à dire à cet égard, il est d'abord nécessaire de rappeler quelques circonstances peu connues, qui ont lieu pendant la respiration.

Il faut savoir d'abord qu'il suinte continuellement dans les bronches une humeur qui se sépare du sang, qui se filtre à travers les membranes du poumon, et qui est principalement composée d'hydrogène et de carbone.

C'est cette humeur qui se trouvant très-divisée au moment où elle sort des extrémités déliées des vaisseaux exhalans du poumon, se brûle en partie, en décomposant l'air vital avec lequel elle étoit en contact, et forme pendant cette combustion, de l'eau et du gaz acide carbonique. On ne peut pas s'étonner que cette combustion existe dans le poumon, lorsqu'on voit que le fumier, dont la nature se rapproche beaucoup de celle du sang, se brûle, ainsi que l'a démontré l'un de nous, à la température ordinaire de l'atmosphère, c'est-à-dire, à huit ou

dix degrés; on doit même s'en étonner d'autant moins que cette combustion est favorisée par le degré de chaleur qu'elle excite, comme il arrive dans presque toutes les combustions qui, une fois commencées, se continuent d'elles-mêmes, et sans autre secours, tant qu'on y fournit de l'air et du combustible.

L'acide carbonique qui se forme ainsi dans l'acte de la respiration, étant dans l'état fluide, on conçoit aisément comment il est poussé au-dehors par l'action du poumon, dans le moment de l'expiration ; mais il n'en est pas de même de l'eau qui se forme en même temps. Elle s'accumuleroit bientôt dans les bronches, si la nature n'avoit des moyens pour l'évacuer; et voici un de ceux qu'elle emploie. L'air entre froid dans le poumon; il en ressort avec une chaleur presqu'égale à celle du sang. Or l'air chaud dissout plus d'eau que l'air froid; et c'est en raison de cette augmentation de vertu dissolvante, qu'il emporte avec lui l'eau existante dans le poumon.

Cette eau, comme on le voit, est de deux espèces : 1°. celle qui suinte avec l'hydrogène carboné, c'est l'eau de la transpiration pulmonaire proprement dite; 2°. celle qui se forme par la combinaison de l'oxygène de l'air avec l'hydrogène du sang, c'est l'eau de la respiration.

Il

Il étoit important de connoître la quantité respective de ces deux portions d'eau, et nous y sommes parvenus. Les moyens que nous avons employés, quoique simples dans la spéculation, ont présenté d'extrêmes difficultés dans la pratique; ils se trouvent détaillés dans notre second Mémoire sur la Respiration.

L'appareil dont nous nous sommes servis à cet effet, étoit disposé de manière à ce qu'on pût mesurer avec une grande exactitude la quantité d'eau et d'acide carbonique exhalés, de même que la quantité d'air, avant et après l'expérience.

On comprend facilement que connoissant d'une part la quantité totale d'eau sortie du poumon, et de l'autre la quantité de gaz acide carbonique formé, il étoit facile de déterminer par un calcul très-simple, la quantité d'eau formée, et la quantité d'eau qui étoit due à la transpiration pulmonaire. Mais nous devons faire observer qu'on suppose dans la solution de ce problême, que toute la quantité de gaz acide carbonique, qui se dégage à chaque expiration, est formée dans le poumon, ou pendant la circulation.

Si le gaz acide carbonique qui se dégage pendant l'expiration, étoit en partie un produit de la digestion, il faudroit attribuer à une autre

cause la consommation de l'air vital qui s'opère dans l'acte de la respiration ; il faudroit supposer qu'il se forme plus d'eau, soit dans le poumon, soit pendant la circulation ; et alors la transpiration pulmonaire se trouveroit diminuée de toute la quantité d'eau qu'on seroit forcé d'attribuer à cette formation ; ou il faudroit admettre qu'une partie de l'air vital étant absorbée dans le poumon, se fixe, pendant la circulation, avec quelques parties de notre système.

Il résulte de ces réflexions, que le problême est indéterminé et susceptible de plusieurs solutions : mais ce n'est pas le moment de discuter cette question très-épineuse, que de nouvelles expériences éclairciront ; et nous nous en tiendrons provisoirement à la solution qui paroît la plus probable.

L'augmentation de vertu dissolvante que l'air acquiert en s'échauffant dans le poumon, suffit le plus souvent pour évacuer par voie de dissolution les deux portions d'eau que nous venons de distinguer ; savoir, celle qui provient de la transpiration pulmonaire, et celle qui s'est formée par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène.

La nature emploie encore ici des moyens remarquables de compensation. Si la quantité

d'eau qui suinte à travers les membranes des bronches est trop abondante ; si l'air de la respiration, déjà chargé de l'eau qui s'est formée, n'est pas en état de la dissoudre , malgré les efforts d'une respiration plus accélérée, malgré l'augmentation de calorique qui en résulte et qui augmente la vertu dissolvante de l'air, l'excédent est reporté dans la circulation par les vaisseaux absorbans du poumon, ou expectoré sous une forme quelconque.

On conçoit combien toutes ces causes doivent influer sur les phénomènes de la transpiration; qu'elle doit s'accélérer ou se retarder par un besoin machinal ; qu'il doit tantôt se former plus d'eau, tantôt plus de gaz acide carbonique; que la transpiration pulmonaire peut être enfin augmentée ou diminuée par une infinité de circonstances.

Bornons-nous pour l'instant à la moyenne de nos résultats principaux. La perte de poids qu'éprouve un individu qui ne se livre pas même à des travaux de corps très-pénibles, varie depuis onze grains par minute jusqu'à trente-deux, c'est-à-dire, en vingt-quatre heures, depuis 1 livre 11 onces 4 gros jusqu'à 5 livres. Dans cet effet total sont confondus les effets de la transpiration cutanée, de la transpiration pulmonaire et de la respiration.

En prenant à cet égard une moyenne, autant toutefois que cet objet en est susceptible, la perte de poids total est de 18 grains par minute; et en supposant qu'elle se continuât uniformément sur ce pied, elle seroit d'une once 7 gros par heure, et de 2 livres 13 onces en vingt-quatre heures.

De ces 2 livres 13 onces, il en appartient à la transpiration cutanée..........	1 livre	14 onces.
Et aux effets de la respiration,	0	15
Total............	2	13

En décomposant les effets de la respiration, toujours dans la supposition moyenne ci-dessus, on trouve, 1°. qu'un homme consomme en vingt-quatre heures 38,413 pouces cubes d'air vital, c'est-à-dire, un peu plus de 22 pieds cubes, ou 33 onces 1 gros 10 grains.

2°. Que de cette quantité, il en est employé à former de l'eau, un peu plus de	13 pieds cubes.
Et à former l'acide carbonique, un peu moins de...............	9
Total..........	22

3°. Que le volume de gaz acide carbonique qui se dégage de ses poumons pendant vingt-quatre heures, est de 14,930 pouces cubes, c'est-à-dire, d'environ 8 pieds 6 pouces cubes;

Lesquels sont composés de	liv.	onc.	gros	grains
Carbone..............	0	5	7	0
Oxygène.............	0	12	0	4
Total.......	1	1	7	4

4°. Que le poids de l'eau qui se forme dans ses poumons pendant vingt-quatre heures, est de 1 livre 7 onces 5 gros 20 grains;

Lesquels sont composés de	liv.	onc.	gros	grains
Hydrogène.........	0	3	3	10
Oxygène...........	1	4	2	10
Total......	1	7	5	20

5°. Que la quantité d'eau qui se dégage, toute formée par la transpiration pulmonaire, est de 5 onces 5 gros 62 grains en 24 heures.

6°. Qu'enfin, réunissant ensemble l'eau qui

	liv.	onc.	gros	grains
se dégage en 24 heures par la transpiration cutanée, qui est de	1	14	0	0
Celle qui se dégage par la transpiration pulmonaire, qui est de	0	5	5	62
La quantité de carbone qui se consomme dans le même temps, qui est de............	0	5	7	0
Et la quantité d'hydrogène, qui est de............	0	3	3	10
On a pour la perte de poids totale qu'éprouve un homme en 24 heures.............	2	13		

Nous le répétons encore ici pour éviter toute équivoque, ces résultats ne sont exacts que dans une supposition qui nous paroît probable. C'est une des solutions d'un problême indéterminé que nous résoudrons d'une manière plus rigoureuse par voie d'élimination et par de nouvelles expériences. Celles que nous avons commencées sur la digestion, lèveront probablement toute incertitude à cet égard.

Une circonstance très-remarquable, qui prouve avec quelle attention la nature s'attache à établir les compensations que nous avons fait remarquer tant de fois, c'est que, sans s'attacher à ne prendre chaque jour que la même quantité de nourriture, sans s'astreindre à un genre de vie déterminé, pourvu que les repas soient pris à des heures à-peu-près réglées, et qu'on évite les excès, le même individu, après avoir augmenté de poids de toute la nourriture qu'il a prise, revient tous les jours, après la révolution à-peu-près de vingt-quatre heures, au même poids qu'il avoit la veille. Si cet effet n'a pas lieu, l'animal est dans un état de souffrance et de maladie.

Il suffit donc, pour remplir le vœu de la nature, d'éviter les excès : ce n'est pas remplir ses vues que de s'assujettir, comme faisoit Sanctorius, à un régime trop uniforme et trop rigou-

reusement calculé. On sait que cet homme célèbre avoit adapté la chaise sur laquelle il prenoit ses repas à l'extrémité du bras d'une balance. Dès qu'il avoit pris la quantité de nourriture qu'il avoit préliminairement déterminée, la chaise rompoit l'équilibre, et en descendant, ne permettoit plus d'atteindre à ce qui étoit sur la table.

Il auroit donc fallu dans ce système réglementaire, fixer aussi la somme des mouvemens que chaque individu pouvoit se donner, régler même les affections de l'ame; il auroit fallu interdire à l'atmosphère tout changement de pesanteur, à l'air la propriété de se charger de plus ou moins d'humidité, à la circulation de s'accélérer, aux saisons de se succéder.

La quantité des alimens doit varier en raison de toutes ces causes, qui sont elles-mêmes continuellement variables, et ce n'est pas par la balalance qu'on peut la déterminer. La mesuse est en nous-mêmes l'appétit et le besoin.

On ne peut se lasser d'admirer le système de liberté que la nature semble avoir voulu établir dans tout ce qui a rapport aux êtres vivans: en leur donnant la vie, le mouvement spontané, une force active, des besoins, des passions, elle ne leur a point interdit d'en faire usage; elle a voulu qu'ils fussent libres même d'en abu-

ser : mais prudente et sage, elle a mis par-tout des régulateurs ; elle a fait marcher la satiété à la suite de la jouissance. L'animal excité par la qualité ou par la variété des mets, a-t-il franchi la limite qui lui avoit été marquée ? arrive l'indigestion qui est à-la-fois le préservatif et le remède : la purgation qu'elle opère, le dégoût qui succède, rétablissent bientôt l'animal dans son état naturel.

L'ordre moral a, comme l'ordre physique, ses régulateurs ; et s'il en étoit autrement, il y a long-temps que les sociétés humaines n'existeroient plus, ou plutôt elles n'auroient jamais existé.

Nous n'avons examiné jusqu'ici que ce qui se passe dans l'état de santé, c'est-à-dire, dans l'état où toutes les compensations établies par la nature, se font avec facilité et sans efforts. Elle est plus grande et plus étonnante encore, lorsqu'elle est obligée de lutter contre des obstacles ; et c'est là que nous nous proposons de la suivre. Nous avons déjà acquis plus que des conjectures sur la cause d'un grand nombre de maladies, sur les moyens de seconder les efforts que fait la nature pour les guérir ; mais avant de hasarder une théorie, nous nous proposons de multiplier les observations, de porter nos recherches sur les phénomènes de la digestion

et sur l'analyse du sang dans l'état de santé et de maladie. Nous mettrons à contribution les fastes de la médecine, les lumières et l'expérience des savans médecins qui nous environnent; et ce n'est que lorsque nous pourrons paroître armés de toutes pièces, que nous oserons attaquer le colosse antique et révéré des préjugés et des erreurs.

SECOND MÉMOIRE

Sur la Transpiration des Animaux.

PRESQUE tous les effets qui se reproduisent dans la nature, principalement dans tout ce qui a rapport à l'économie animale, sont le résultat d'un certain nombre de causes qui se compliquent et se combinent.

La physique est l'art de démêler ces différentes causes, d'en déterminer l'influence, de mesurer l'intensité des différentes forces.

C'est ainsi qu'en analysant ce qui se passe dans la respiration des animaux, nous avons trouvé, au lieu d'un acte simple, une multitude d'effets compliqués, dont les principaux sont :

Une décomposition de gaz oxygène ;

Un dégagement de calorique ;

Une formation d'acide carbonique ;

Une formation d'eau ;

Une filtration d'humeur visqueuse, principalement composée d'hydrogène et de carbone, qui s'opère continuellement dans les bronches, qui se sépare du sang par des filières excessive-

ment déliées, et qui se dissout dans l'air de la respiration ;

Enfin, une émanation d'eau qui constitue la transpiration pulmonaire.

Depuis, nous avons porté nos recherches sur un autre phénomène de l'économie animale; nous avons fait voir que la perte de poids qu'éprouve chaque individu, n'étoit pas seulement dû à la transpiration insensible ; qu'elle étoit un résultat combiné de la transpiration et de la respiration, et que par conséquent, cet effet si simple en apparence, se trouvoit compliqué de tous les phénomènes que nous venons d'indiquer pour la respiration.

Aujourd'hui, nous venons annoncer à l'académie que la transpiratiou elle-même n'est point un effet simple, nous venons lui rendre compte des expériences qui le prouvent, lui donner une idée des appareils que nous avons employés, du plan que nous nous sommes formé, des expériences même qui nous restent à faire. Quoique nous soyons encore loin du but que nous nous proposons d'atteindre, nous nous arrêterons quelques instans dans la vaste carrière que nous avons entrepris de parcourir. En recueillant ainsi nos forces et nos idées, en nous renforçant des lumières des hommes de génie, des savans médecins qui nous environ-

nent, nous nous préparerons à reprendre avec plus de courage la tâche que nous nous sommes imposée. Le premier effet qui se présente lorsqu'on examine ce qui se passe dans la transpiration, est une émanation d'une eau presque pure qui s'échappe par les pores de la peau, et qui se vaporise dans l'air environnant. Cette émanation est insensible à la vue, tant que l'air extérieur, aidé du calorique qui s'exhale du corps, suffit pour la dissoudre; mais elle devient sensible, et prend le nom de sueur. Lorsqu'elle devient plus abondante, et lorsqu'en général la quantité qui s'en dégage surpasse ce que l'air peut en dissoudre en un temps donné.

Cette filtration d'eau qui s'opère à travers les pores de la peau, est souvent accompagnée d'un suintement, d'une humeur visqueuse semblable à celle qui suinte dans les bronches, et qui, comme elle, est principalement composée d'hydrogène, de carbone, et d'un peu d'azote. Cette matière visqueuse, en se desséchant sur la peau, encroûteroit bientôt la surface des corps des animaux, si la nature n'avoit un moyen de prévenir cet effet. Ce moyen est une sorte de respiration, de combustion, de formation d'acide carbonique et d'eau qui se fait, dans quelques cas, à la surface extérieure de la peau : en sorte que les animaux ne respirent pas seulement par

le poumon ; ils respirent par toute la surface de leur corps, avec cette différence seulement qu'ils respirent par le poumon plus qu'ils ne transpirent ; et qu'ils transpirent, au contraire, par les pores de la peau, beaucoup plus qu'ils ne respirent.

Cet effet avoit été reconnu dans les insectes, et l'on s'étoit apperçu que les organes de la respiration étoient répandus sur presque toute la surface de leur peau ; mais on n'avoit pas soupçonné qu'il se passât rien d'analogue à l'égard de l'homme et des quadrupèdes.

Indépendamment de cette sorte de respiration qui s'opère dans quelques cas à la surface de la peau, comme elle a lieu dans les bronches, il y a dans la transpiration deux autres effets qui se compliquent, l'effet des vaisseaux exhalans de la peau par lesquels il s'échappe de l'eau, l'effet des vaisseaux inhalans qui en absorbent. Le résultat de la transpiration proprement dite, et considérée relativement à l'humidité, est donc encore compliqué de deux causes ; et lorsque nous essayons de mesurer par la perte de poids le double effet qu'elles produisent, nous n'avons que le résultat moyen de deux forces, nous ne mesurons que l'excès de l'une sur l'autre.

Après avoir donné une première idée des

principaux effets que nous avons distingués dans la respiration, nous avons rendu compte des moyens que nous avons employés pour en séparer les résultats, et pour déterminer l'intensité de chacun en particulier.

Puisque l'effet de la respiration est de décomposer le gaz oxygène contenu dans l'air, de combiner avec lui une partie de carbone, et de le convertir en acide carbonique, il en résulte que si réellement il s'opère une sorte de respiration à la surface de la peau des animaux, l'air qui les environne doit éprouver des altérations semblables. Or, ces altérations peuvent être soumises à des expériences, et nous y sommes parvenus à l'aide de vêtemens de taffetas enduits de gomme élastique, dont nous avons déjà parlé, et auxquels nous avons cru depuis devoir substituer une enveloppe de peau enduite de la même manière. Ce vêtement, au moyen des précautions que nous avons prises, est absolument imperméable à l'air.

La personne qui se soumet à ces expériences, se renferme dans ce vêtement; et pour que les effets de la respiration pulmonaire ne vienne pas se compliquer avec ceux de la respiration cutanée, un tuyau bien mastiqué s'adapte à sa bouche, de manière qu'elle peut respirer

en dehors. Ainsi, dans cet appareil, la respiration cutanée, ou de la peau, s'opère en dedans du vêtement; celle du poumon s'opère en dehors, et l'on peut obtenir les produits chacun séparément.

On peut, à l'aide d'une pompe, retirer la majeure partie de l'air contenu dans cet appareil, et alors le vêtement s'applique assez exactement sur le corps. Mais comme il n'y a pas de respiration sans air, il n'y a plus alors de respiration cutanée; on peut donc examiner à loisir les phénomènes particuliers à la transpiration, sans craindre qu'ils se mêlent à ceux de la respiration.

Après avoir opéré, pour ainsi dire, dans le vide, sans cependant supprimer le poids de l'atmosphère, on peut introduire dans le vêtement de l'air de l'atmosphère, du gaz oxygène, et en général telle espèce d'air ou de gaz que l'on juge à propos: on peut en tirer des échantillons à tous les instans, et suivre ainsi les altérations qui arrivent à ces gaz dans tout le cours des expériences.

Il est un autre moyen de supprimer l'action de l'air de dessus la peau des animaux; c'est de les tenir plongés dans l'eau. Alors il n'y a plus de dissolution de la transpiration par l'air, plus de combustion, plus de respi-

ration à la surface de la peau. Mais l'eau qui baigne le corps, produit une partie des mêmes effets; l'humeur de la transpiration s'y mêle à mesure qu'elle se dégage; l'hydrogène carboné qui suinte continuellement à travers les pores de la peau, s'y dissout sans combustion : mais le résultat est le même pour la nature, qui n'a d'autre objet que d'en débarrasser l'animal.

On obtient la preuve que les choses se passent ainsi, d'une part en pesant la personne soumise à l'expérience un moment avant qu'elle entre dans le bain, et aussi-tôt qu'elle en est sortie, et en déterminant ainsi la perte de poids qu'elle a éprouvée; de l'autre, en examinant chimiquement l'eau du bain, dans laquelle on retrouve l'hydrogène carboné qu'elle a dissous.

Enfin, il est un troisième moyen de supprimer l'action de l'air de dessus la peau; c'est de l'enduire d'une substance grasse et huileuse; et c'est l'effet que produisent les onguens : il n'y a plus alors de respiration cutanée. Dans toute la partie du corps qui a été recouverte d'un onguent, l'hydrogène carboné s'accumule à la surface de la peau, parce que l'air ne peut plus le dissoudre; et l'eau de la transpiration, interceptée et contenue par l'onguent, se montre sous la forme de gouttes sensibles.

Comme

Comme une partie de ces effets sont connus, comme ils ont été décrits par des médecins habiles, les observations médicales et chirurgicales sur l'action des onguens, sont devenues pour nous des expériences toutes faites sur la transpiration, dont nous avons cru devoir profiter.

Les résultats que nous avons obtenus dans le bain, sont jusqu'ici les plus complets ; et nos expériences nous ont déjà mis en état de relever une erreur échappée à la sagacité de Haller. Ce savant physiologiste s'étoit persuadé que le corps augmentoit de poids lorsqu'il étoit plongé dans l'eau : il en concluoit que les vaisseaux de la peau absorbent de l'eau, non-seulement dans le bain, mais encore dans un air chargé de vapeur. Une suite d'expériences que M. Séguin a faites sur lui-même, a détruit la base sur laquelle M. Haller fondoit son opinion.

M. Séguin se pesoit d'abord dans l'air à des intervalles déterminés, en prenant toutes les précautions que nous avons indiquées dans un précédent Mémoire : puis divisant la perte de poids par le nombre de minutes qu'avoit duré l'expérience, le quotient donnoit la perte moyenne de poids éprouvée par chaque minute.

M. Séguin se plongeoit ensuite dans le bain ;

et après y être demeuré un tems déterminé, il se pesoit en en sortant, et nous déterminions ainsi la perte de poids qu'il éprouvoit dans l'eau par chaque minute. Cette expérience très-simple a été répétée un grand nombre de fois, en faisant varier le degré du bain; et voici les principaux résultats que nous avons obtenus.

Premièrement, la perte de poids qu'éprouve la personne soumise aux expériences, augmente ou diminue beaucoup suivant que la température du bain est plus ou moins élevée; mais elle est toujours un peu moindre qu'elle n'auroit été dans l'air si la personne y fût demeurée dans les mêmes circonstances. Mais dans aucun cas il n'y a augmentation de poids, comme l'a trouvé M. Haller.

Secondement, en prenant un résultat moyen entre plusieurs expériences, et en opérant dans un bain à 25 ou 26 degrés de température, celle de l'atmosphère étant de 12 ou 13, la perte de poids éprouvée dans l'eau est à celle qu'on auroit éprouvée dans l'air comme 115 est à 147.

Troisièmement, quand la température du bain n'excède pas celle de l'air environnant, c'est-à-dire, quand elle est de 12 à 13 degrés, la perte de poids éprouvée dans le bain est à celle qu'on auroit éprouvée dans l'air, comme 5 est à 140.

Ces résultats rapprochés de ceux que nous avons obtenus dans le vêtement enduit de gomme élastique, se prêtent un secours mutuel et conduisent à des conséquences importantes sur lesquelles nous devons arrêter quelques instans l'attention de l'Académie : nous avons vu que la transpiration animale, lorsqu'elle s'opéroit dans un air libre, dépendoit de trois causes principales : 1°. de la quantité de calorique qui se dégage habituellement dans le poumon par l'acte de la respiration, et qui, après avoir circulé dans toute l'économie animale, s'échappe par la surface du corps, emportant avec lui une portion de fluide aqueux. 2°. De la disposition des vaisseaux excrétoires de la peau. 3°. De la vertu plus ou moins dissolvante de l'air. Enfin, nous avons déjà fait observer que c'étoit par l'effet de cette dernière cause, la vertu dissolvante de l'air, que la transpiration s'échappoit sous la forme de vapeur insensible.

Les expériences faites dans l'enveloppe, enduite de gomme élastique, en fournissoient une preuve qui ne paroît susceptible d'aucune objection. Alors l'air qui environne le corps de la personne soumise à l'expérience, renfermé dans un espace étroit dans lequel il ne peut pas se renouveler, est bientôt saturé par l'eau même fournie par la transpiration ; cet air ne peut

plus exercer aucune vertu dissolvante, et aussitôt la transpiration de la personne renfermée dans l'enveloppe devient sensible, son corps se couvre de sueur ; aucune cause extérieure ne tend dans cette expérience à augmenter sa température, et cependant elle éprouve une chaleur incommode, qui provient de ce qu'il ne se fait plus d'évaporation à la surface de la peau, plus de dissolution d'eau par le calorique et par l'air, donc plus de refroidissement.

Il n'est personne qui n'ait ressenti quelque chose de cet effet lorsqu'il s'est trouvé renfermé dans un lieu resserré, où l'air ne se renouveloit pas aisément. On l'éprouve, par exemple, dans une voiture bien close. C'est principalement au visage que l'impression de la chaleur se fait sentir. Alors on éprouve un besoin machinal de renouveler l'air. Les femmes, dont les organes sont plus sensibles au physique comme au moral, s'en apperçoivent les premières ; elles s'efforcent de produire une agitation artificielle de l'air qui les soulage pour quelques instans ; mais ce n'est pas une circulation intérieure, c'est un renouvellement d'air qu'il faut opérer, et le mal-aise ne cesse que quand une glace a été baissée, que quand un air moins saturé d'humidité est venu renouveler celui de l'intérieur de la voiture.

Ceci nous explique pourquoi nous sommes si souvent trompés par le sentiment du froid et du chaud ; pourquoi nos organes sont souvent si peu d'accord avec le témoignage plus exact et plus sûr du thermomètre. Chacun sait, d'après sa propre expérience, qu'à degré du thermomètre égal, on est plus désagréablement affecté du chaud pendant l'été par un vent du midi que par un vent du nord ; et il en doit être ainsi : le vent du nord part d'un pays froid pour arriver dans des régions plus chaudes ; il s'échauffe donc à mesure qu'il chemine ; il acquiert donc une qualité de plus en plus dissolvante, car c'est un fait bien reconnu que l'air chaud dissout plus d'eau que l'air froid. Or cette vertu dissolvante de l'air ne peut être exercée sur le fluide de la respiration sans occasionner un sentiment de froid, ou plutôt un refroidissement réel.

L'effet contraire arrive par un vent du midi. Quand l'air, dans l'origine, n'auroit pas été saturé d'eau, il doit le devenir à mesure qu'il se refroidit en passant dans des régions de moins en moins chaudes. Il doit donc nous arriver presque toujours surchargé d'eau, et privé de toute vertu dissolvante. Celui qui est environné d'un pareil air est presque dans la même situation où il seroit s'il étoit renfermé dans le vêtement

enduit de gomme élastique. L'effet de la transpiration insensible est suspendu pour lui ; elle se change en sueur faute d'un fluide élastique qui est propre à le dissoudre. En même temps le calorique qui se dégage du corps, qui ne trouve plus son emploi, devient libre et produit une sensation de chaleur.

Ces effets sont sur-tout sensibles, lorsqu'un jour d'été, par un vent de midi, le temps se dispose à l'orage, que les nuages se forment, ou sont prêts à se former. Alors on dit que le temps est lourd, c'est-à-dire en d'autres termes, *l'air n'a point en ce moment de vertu dissolvante, il est saturé d'eau. La transpiration insensible est supprimée ; elle est remplacée par de la sueur.* Nous exprimons toutes ces idées par un seul mot, et c'est ainsi que nous en usons toutes les fois que nous voulons expliquer un effet compliqué, un effet qui est le résultat moyen de plusieurs causes qui nous sont inconnues, nous sommes forcés de l'exprimer par une énonciation vague, qui n'est vraie que dans ce seul sens, qu'elle ne présente aucune idée déterminée.

Ces considérations nous conduisent à quelques réflexions sur l'usage des vêtemens que nous portons, sur la propriété qu'ils ont de nous garantir du froid, sans cependant intercepter ni

la respiration cutanée, ni la transpiration insensible.

Toutes les fois qu'un corps quelconque est plus chaud que le milieu qui l'environne, il s'établit un courant de bas en haut : l'air qui touche le corps chaud se dilate ; et, devenu plus léger, il s'élève avec d'autant plus de vîtesse, qu'il existe une plus grande différence dans la pesanteur spécifique. En même temps il est remplacé par de l'air froid qui arrive par les couches latérales. Cet effet qui s'observe continuellement dans nos foyers, a lieu autour de nos corps : ils sont à cet égard de véritables poëles ; c'est cettecirculation continuelle d'air sans cesse renouvelé, qui vient toucher la peau pour s'en écarter aussi-tôt, qui fournit la dissolution de l'eau de la transpiration, et cette espèce de respiration cutanée dont nous avons parlé.

Les vêtemens que nous portons sont des enveloppes fines, légères, poreuses, dont l'effet est non pas d'interrompre cette circulation, mais de la ralentir et de la régler. Ces enveloppes doivent en général être formées de matières qui soient, pour me servir de l'expression de Franklin, de mauvais conducteur de chaleur, tels que la laine, la soie, le poil des animaux. Les personnes très-recherchées ou très-sensibles au froid, multiplient ces enveloppes, elles les

font construire de plusieurs doubles d'une même étoffe, de plusieurs épaisseurs de taffetas, par exemple; elles introduisent entre deux de la ouate ou d'autres substances légères; elles forment ainsi autour d'elles un réservoir de chaleur ou plutôt de calorique à travers lequel se filtre et s'échauffe l'air froid du dehors qui doit arriver jusqu'à leur peau. Si ces enveloppes sont trop multipliées; si l'accès de l'air n'est plus assez facile; si la dissolution de l'humeur de la transpiration ne se fait plus; si la respiration cutanée est interrompue, on en est averti par le mal-aise et par la sueur: alors le voyageur rejette le manteau qui le couvre; l'homme de ville se débarrasse de l'enveloppe ouatée qu'il avoit mise par-dessus ses vêtemens ordinaires: les conserver plus long-temps seroit un genre de supplice.

Cependant avec tous ces appareils, toutes ces recherches dans le choix et la disposition des vêtemens, toutes les précautions multipliées que les hommes riches et sensuels mettent en usage pour se garantir du froid, ils ne peuvent parvenir à élever la température de leur individu d'un seul degré au-dessus de celle de l'homme pauvre, mais laborieux et robuste qui, mal nourri, mal vêtu, passe sa vie exposé aux injures de l'air. La nature sans doute n'a pas voulu qu'il exis-

tât une si grande disproportion entr'eux ; elle a fixé invariablement pour les uns comme pour les autres, la température du corps à 32 degrés du thermomètre de Réaumur, sans que cette température pût varier par aucune des circonstances extérieures.

Cette égalité de température à laquelle l'homme riche parvient avec tant de peines et de difficultés, en réunissant les productions des deux hémisphères, la soie de l'Inde et la laine d'Espagne, en employant les travaux d'une multitude d'hommes employés à tisser des étoffes précieuses ; la nature l'opère en faveur du pauvre d'une manière plus simple, et qui ne le met pas dans la dépendance de personne : elle accélère sa respiration dans la juste mesure de son besoin ; elle augmente la quantité de gaz oxygène qui se décompose dans ses poumons : une plus grande quantité de calorique se dégage, et va réparer la déperdition qui se fait à l'extrémité du corps. Ce moyen est-il insuffisant ? la nature a su s'en ménager d'autres. Le pauvre trouve dans le travail que lui commande son indigence, un moyen nouveau d'accélérer le mouvement de sa respiration, et de se garantir à-la-fois de la faim et du froid.

La méthode qu'emploie le riche pour se garantir du froid, a bien l'avantage de lui éviter

quelques souffrances; mais elle a l'inconvénient beaucoup plus grand d'accoutumer ses organes à des fonctions trop-uniformes: son poumon qui n'est point exercé par le besoin, ne peut plus se prêter aux accélérations, aux compensations que les circonstances exigent: le moindre changement survenant dans la température de l'air l'affecte, et c'est la raison pour laquelle les personnes qui ont le plus d'attention de se défendre des impressions du froid, sont les plus sujettes aux rhumes et aux maladies analogues. Il ne faut pas croire cependant que cette extrême sensibilité au froid, qu'on observe dans quelques personnes, soit toujours l'effet de l'habitude et d'un genre de vie trop uniforme; lorsque l'âge et cette force toujours agissante, qui conduit tous les êtres vivans à leur destruction, a endurci nos organes, le poumon n'a plus cette flexibilité nécessaire pour se prêter aux accélérations qu'exigent les changemens de température. Il faut bien alors suppléer par des moyens artificiels à ce que refuse la nature. C'est un état de maladie, et les vêtemens chauds, les précautions contre le froid, doivent être considérés comme des remèdes. Tout ce que nous voulons dire, c'est que, dans l'état de santé, il ne faut pas appeler le secours de l'art pour opérer ce que la nature opéreroit beaucoup mieux que

lui par les moyens qui lui sont familiers, et qu'il est dangereux d'accoutumer le poumon à une sorte de paresse, en lui évitant des occasions de ralentir ou d'accélérer son action.

Il nous reste, avant de terminer ce Mémoire, à dire un mot de ce que nos expériences nous ont appris sur l'action des vaisseaux absorbans de la peau. Puisque l'expérience et la théorie se réunissent pour établir que l'eau du bain favorise, au moins autant que l'air, la transpiration animale; puisque même elle devroit opérer une dissolution plus facile et plus prompte de la liqueur qui se filtre continuellement à travers les pores de la peau, comment se fait-il cependant que, toutes choses d'ailleurs égales, un homme plongé dans le bain perde moins de son poids qu'il n'en perdroit à l'air libre?

Cette circonstance sembleroit indiquer que nous ne connoissons pas encore tout ce qui se passe dans la transpiration. La peau a des vaisseaux inhalans comme des vaisseaux exhalans; il est probable qu'il s'opère dans le bain un double effet, et que, tandis que les vaisseaux excrétoires de la peau chassent au-dehors l'humeur de la transpiration, des vaisseaux absorbans aspirent en même tems une petite portion d'eau. Mais comme il est constant qu'une personne plongée dans le bain perd toujours plus

ou moins de son poids qu'elle n'en acquiert dans aucun cas, il faut en conclure que les animaux perdent plus d'eau par les vaisseaux excrétoires qu'il ne leur en est rendu par les vaisseaux absorbans. Cette conséquence acquiert un nouveau degré de probabilité, si l'on considère ce qui se passe dans le vêtement enduit de gomme élastique, dans le premier instant où l'on s'y enfonce. Le corps, comme nous l'avons déjà fait observer, se couvre de sueur; mais cette quantité d'eau qui tapisse bientôt de gouttelettes tout l'intérieur de l'appareil, n'augmente point, comme on pourroit le croire; elle disparoît, au contraire, presque entièrement pendant le cours de l'expérience. Or, comme l'enveloppe est imperméable, cet effet ne peut s'expliquer, qu'en admettant que l'eau qui s'étoit dégagée dans les premiers instans par les vaisseaux exhalans de la peau, a été ensuite absorbée par les vaisseaux inhalans.

Des expériences et des observations contenues dans ce Mémoire, et en remontant à des considérations plus générales, nous conclurons que, depuis l'insecte qui échappe à notre vue, et que nous n'appercevons qu'à l'aide du microscope, jusqu'au plus grand des quadrupèdes, l'éléphant, tout respire dans la nature animée; que la faculté de respirer est répandue sur toute la

surface des êtres vivans qui existent, et que vraisemblablement il y a une chaîne non interrompue depuis l'insecte qui ne respire que par la peau, jusqu'aux grands quadrupèdes et aux oiseaux qui respirent principalement par le poumon; enfin, que ce n'est point au soleil qu'a été allumé le flambeau de Prométhée; mais que c'est à l'air qui environne les animaux, et qu'ils décomposent, que les êtres vivans ravivent continuellement le feu qui sert d'aliment à la vie.

TABLES

A L'USAGE DES CHIMISTES.

TABLES

TABLES

A L'USAGE DES CHIMISTES.

N°. I.

Table pour convertir les onces, gros et grains en fractions décimales de livre, poids de marc.

TABLE POUR LES GRAINS.			
Grains poids de marc.	*Fractions décimales de livre correspondantes.*	*Grains poids de marc.*	*Fractions décimales de livre correspondantes.*
	livre.		livre.
1	0,000108507	13	0,001410591
2	0,000217014	14	0,0015190[illegible]8
3	0,000325521	15	0,001627605
4	0,000434028	16	0,001736112
5	0,000542535	17	0,001844619
6	0,000651042	18	0,001953125
7	0,000759549	19	0,002061633
8	0,000868056	20	0,002170140
9	0,000976563	21	0,002278647
10	0,001085070	22	0,002387154
11	0,001193577	23	0,002495661
12	0,001302084	24	0,002504168

Grains poids de marc.	*Fractions décimales de livre correspondantes.*	*Grains poids de marc.*	*Fractions décimales de livre correspondantes.*
	livre.		livre.
25	0,002712675	51	0,005533857
26	0,002821182	52	0,005642364
27	0,002929689	53	0,005750871
28	0,003038196	54	0,005859378
29	0,003146703	55	0,005967885
30	0,003255210	56	0,006076372
31	0,003363717	57	0,006184899
32	0,003472224	58	0,006293406
33	0,003580731	59	0,006401913
34	0,003689238	60	0,006510420
35	0,003797745	61	0,006618927
36	0,003906252	62	0,006727434
37	0,004014759	63	0,006835941
38	0,004123266	64	0,006944448
39	0,004231773	65	0,007052955
40	0,004340280	66	0,007161462
41	0,004448787	67	0,007269969
42	0,004557294	68	0,007378456
43	0,004665801	69	0,007486983
44	0,004774308	70	0,007595490
45	0,004882815	71	0,007703997
46	0,004991322	72	0,007812504
47	0,005099829	73	0,007921011
48	0,005208336	74	0,008029518
49	0,005316843	75	0,008138025
50	0,005425350	76	0,008246532

Grains poids de marc.	*Fractions décimales de livre correspondantes.*	*Grains poids de marc.*	*Fractions décimales de livre correspondantes.*
	livre.		livre.
77	0,008355039	89	0,009657123
78	0,008463546	90	0,009765630
79	0,008572053	91	0,009874137
80	0,008680560	92	0,009982644
81	0,008789067	93	0,010091151
82	0,008897574	94	0,010199658
83	0,009006081	95	0,010308165
84	0,009114588	96	0,010416672
85	0,009223095	97	0,010525179
86	0,009331602	98	0,010633686
87	0,009440109	99	0,010742193
88	0,009548616	100	0,010850700

POUR LES GROS.		POUR LES ONCES.	
gros.	livre.	onces.	livre.
1	0,0078125	1	0,0625000
2	0,0156250	2	0,1250000
3	0,0234375	3	0,1875000
4	0,0312500	4	0,2500000
5	0,0390625	5	0,3125000
6	0,0468750	6	0,3750000
7	0,0546875	7	0,4375000
8	0,0625000	8	0,5000000
9	0,0703125	9	0,5625000
10	0,0781250	10	0,6250000
11	0,0859375	11	0,6875000
12	0,0937500	12	0,7500000
13	0,1015625	13	0,8125000
14	0,1093750	14	0,8750000
15	0,1171875	15	0,9375000
16	0,1250000	16	1,0000000

N°. II.

TABLE pour convertir les fractions décimales de livre en fractions vulgaires.

POUR LES DIXIÈMES DE LIVRE.			
Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*		
livre.	onc.	gros.	grains.
0,1	1	4	57,60
0,2	3	1	43,20
0,3	4	6	28,80
0,4	6	3	14,40
0,5	8	8	0
0,6	9	4	57,60
0,7	11	1	43,20
0,8	12	6	28,80
0,9	14	3	14,40
1,	16	0	0

POUR LES MILLIÈMES DE LIVRE.			
Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*		
livre.	onc.	gros.	grains.
0,001	0	0	9,22
0,002	0	0	18,43
0,003	0	0	27,65
0,004	0	0	36,86
0,005	0	0	46,08
0,006	0	0	55,30
0,007	0	0	64,51
0,008	0	1	1,73
0,009	0	1	10,94
0,010	0	1	20,16

POUR LES CENTIÈMES DE LIVRE.			
livre.	onc.	gros.	grains.
0,01	0	1	20,16
0,02	0	2	40,32
0,03	0	3	60,48
0,04	0	5	8,64
0,05	0	6	28,80
0,06	0	7	48,96
0,07	1	0	69,12
0,08	1	2	17,28
0,09	1	3	37,44
0,10	1	4	57,60

POUR LES DIX MILLIÈMES DE LIVRE.	
livre.	grains.
0,0001	0,92
0,0002	1,84
0,0003	2,76
0,0004	3,69
0,0005	4,61
0,0006	5,53
0,0007	6,45
0,0008	7,37
0,0009	8,29
0,0010	9,22

POUR LES CENT MILLIÈMES DE LIVRE.	
Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*
livre.	grains.
0,00001	0,09
0,00002	0,18
0,00003	0,28
0,00004	0,37
0,00005	0,46
0,00006	0,55
0,00007	0,64
0,00008	0,74
0,00009	0,83
0,00010	0,92

POUR LES MILLIONIÈMES DE LIVRE.	
Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*
livre.	grains.
0,000001	0,01
0,000002	0,02
0,000003	0,03
0,000004	0,04
0,000005	0,05
0,000006	0,06
0,000007	0,07
0,000008	0,08
0,000009	0,09
0,000010	0,10

N°. III.

TABLE du nombre de pouces cubes correspondans à un poids déterminé d'eau.

TABLE POUR LES GRAINS.

Grains d'eau, poids de marc.	*Nombre de pouces cubes correspondans.*	*Grains d'eau, poids de marc.*	*Nombre de pouces cubes correspondans.*
1	0,003	23	0,062
2	0,005	24	0,065
3	0,008	25	0,067
4	0,011	26	0,070
5	0,013	27	0,073
6	0,016	28	0,076
7	0,019	29	0,078
8	0,022	30	0,081
9	0,024	31	0,084
10	0,027	32	0,086
11	0,030	33	0,089
12	0,032	34	0,092
13	0,035	35	0,094
14	0,038	36	0,097
15	0,040	37	0,100
16	0,043	38	0,103
17	0,046	39	0,105
18	0,049	40	0,108
19	0,051	41	0,111
20	0,054	42	0,113
21	0,057	43	0,116
22	0,059	44	0,119

Grains d'eau, poids de marc.	*Nombre des pouces cubes correspondans.*	*Grains d'eau, poids de marc.*	*Nombre des pouces cubes correspondans.*
45	0,121	59	0,159
46	0,124	60	0,162
47	0,127	61	0,165
48	0,130	62	0,167
49	0,132	63	0,170
50	0,135	64	0,173
51	0,138	65	0,175
52	0,140	66	0,178
53	0,143	67	0,181
54	0,146	68	0,184
55	0,148	69	0,186
56	0,151	70	0,189
57	0,154	71	0,192
58	0,157	72	0,194

TABLE POUR LES GROS.

	pou. cub.
1	0,193
2	0,386
3	0,579
4	0,772
5	0,965
6	1,158
7	1,351
8	1,543

TABLE POUR LES ONCES.

	pou. cub.
1	1,543
2	3,086
3	4,629
4	6,172
5	7,715
6	9,258
7	10,801
8	12,344
9	13,887
10	15,430
11	16,973
12	18,516
13	20,059
14	21,602
15	23,145
16	24,687

TABLE POUR LES LIVRES.

Livres d'eau, poids de marc.	*Nombre de pouces cubes correspondans.*	*Livres d'eau, poids de marc.*	*Nombre de pouces cubes correspondans.*
	pou. cub.		pou. cub.
1	24,687	20	493,740
2	49,374	21	518,427
3	74,061	22	543,114
4	98,748	23	567,801
5	123,420	24	592,448
6	148,122	25	617,175
7	172,809	26	641,862
8	197,496	27	666,549
9	222,180	28	691,236
10	246,870	29	715,923
11	271,557	30	740,610
12	296,244	40	987,480
13	320,931	50	1234,200
14	345,618	60	1481,220
15	370,305	70	1728,000
16	394,992	80	1974,960
17	419,676	90	2221,800
18	444,360	100	2328,700
19	469,050		

N°. I V.

***TABLE** pour convertir les lignes et fractions de lignes en fractions décimales de pouce.*

TABLE POUR LES FRACTIONS DE LIGNE.	
Douzièmes de lignes.	*Fractions décimales de pouce correspondantes.*
	pouces.
1	0,00694
2	0,01389
3	0,02083
4	0,02778
5	0,03472
6	0,04167
7	0,04861
8	0,05556
9	0,06250
10	0,06944
11	0,07639
12	0,08333

TABLE POUR LES LIGNES.	
Lignes.	*Fractions décimales de pouce correspondantes.*
	pouces.
1	0,08333
2	0,16667
3	0,25000
4	0,33333
5	0,41667
6	0,50000
7	0,58333
8	0,66667
9	0,75000
10	0,83333
11	0,91667
12	1,00000

N°. V.

TABLE pour convertir les hauteurs d'eau observées dans les cloches ou jarres, en hauteurs correspondantes de mercure, exprimées en fractions décimales de pouce.

Hauteur de l'eau exprimée en lignes.	*Hauteur correspondante du mercure, exprimée en fractions décimales de pouce.*	*Hauteur de l'eau exprimée en lignes.*		*Hauteur correspondante du mercure, exprimée en fractions décimales de pouce.*
lignes.	pouces.	pou.	lig.	pouces.
1	0,00614		20	0,12284
2	0,01228		21	0,12898
3	0,01843		22	0,13512
4	0,02457		23	0,14126
5	0,03071	2		0,14741
6	0,03685	3		0,22111
7	0,04299	4		0,29481
8	0,04914	5		0,36852
9	0,05528	6		0,44222
10	0,06142	7		0,51593
11	0,06756	8		0,58963
12	0,07370	9		0,66333
13	0,07985	10		0,73704
14	0,08599	11		0,81074
15	0,09213	12		0,88444
16	0,09827	13		0,95815
17	0,10441	14		1,03185
18	0,11055	15		1,10556
19	0,11670	16		1,17926

N°. V I.

TABLE des quantités de pouces cubiques français correspondans à une once, mesure de M. Priestley.

Onces, mesure de M. Priestley.	Pouces cubiques français correspondans.	Onces, mesure de M. Priestley.	Pouces cubiques français correspondans.
	pou. cub.		pouc. cub.
1	1,567	20	31,340
2	3,134	30	47,010
3	4,701	40	62,680
4	6,268	50	78,350
5	7,835	60	94,020
6	9,402	70	109,690
7	10,969	80	125,360
8	12,536	90	141,030
9	14,103	100	156,700
10	15,670	200	313,400
11	17,237	300	470,100
12	18,804	400	626,800
13	20,371	500	783,500
14	21,938	600	940,200
15	23,505	700	1096,900
16	25,072	800	1253,600
17	26,639	900	1410,300
18	28,206	1000	1567,000
19	29,773		

N°. VII.

TABLE des pesanteurs des différens gaz à 28 pouces de pression et à 10 degrés du thermomètre.

Noms des airs ou gaz.	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*	OBSERVATIONS.
	grains.	on. g. gr.	
Air atmosphérique...	0,46005	1.3. 3,00	D'après mes expér.
Gaz azote...........	0,44444	1.2.48,00	D'après mes expér.
Gaz oxygène........	0,50694	1.4.12,00	D'après mes expér.
Gaz hydrogène......	0,03539	0.0.61,15	D'après mes expér.
Gaz acide carbonique.	0,68985	2.0.40,00	D'après mes expér.
Gaz nitreux.........	0.54690	1.5. 9,04	D'après M. Kirwan.
Gaz ammoniaque....	0,27488	0.6.43,00	D'après M. Kirwan.
Gaz acide sulfureux..	1,03820	3.0.66,00	D'après M. Kirwan.

N°. VIII.

TABLE des pesanteurs spécifiques des substances minérales, extraite de l'ouvrage de M. BRISSON.

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.				
Noms des substances métalliques.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr
Or........	Or à 24 karats, fondu et non forgé............	192581	12.5.62	1348. 1.0.41
	Le même fondu et forgé..........	193617	12.4.28	1355. 5.0.60
	Or au titre de Paris, ou à 22 karats, fondu et non forgé......	174863	11.2.48	1224. 0.5.18
	Le même fondu et forgé........	175894	11.3.15	1231. 4.1. 2
	Or au titre de la monnoie de France, ou à 21 $\frac{17}{32}$ karats, fondu et non forgé..........	174022	11.2.17	1218. 2.3.51
	Le même monnoyé...........	176474	11.3.36	1235. 5.0.51
	Or au titre des bijoux, ou à 20 karats, fondu et non forgé......	157090	10.1.55	1099. 10.0.46
	Le même fondu et forgé..........	157746	10.1.57	1104. 3.4.30
Argent....	Argent à 12 deniers, fondu et non forgé......	104743	6.6.22	733. 3.1.52
	Le même fondu et forgé..........	105107	6.6.36	735. 11.7.43

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.				
Noms des substances métalliques.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Argent....	Argent au titre de Paris, ou à 11 deniers 10 grains, fondu et non forgé............	101752	6.4.55	712. 4.1.57
	Le même fondu et forgé............	103765	6.5.58	726. 5.5.52
	Argent au titre de la monnoie de France, ou à 10 deniers 21 grains fondu et non forgé............	100476	6.4. 7	703. 5.2.36
	Le même monnoyé............	104077	6.5.70	728. 8.4.71
Platine....	Platine brut en grenailles......	156017	10.0.65	1092. 1.7.17
	Le même décapé, par l'acide muriatique........	167521	10.6.62	1172.10.2.59
	Platine purifié fondu..........	195000	12.5. 8	1365. 0.0. 0
	Platine purifié forgé..........	203366	13.1.52	1423. 8.7.67
	Platine purifié passé par la filière............	210417	13.5. 8	1472.14.5.46
	Platine purifié passé au laminoir..........	220690	14.2.31	1544.13.2.17
Cuivre....	Cuivre rouge fondu et non forgé..	77880	5.0.28	545. 2.4.35
	Le même fondu et passé à la filière.	88785	5.6. 3	621. 7.7.26
	Cuivre jaune fondu et non forgé.	83958	5.3.38	587.11.2.26
	Le même fondu et passé à la filière.	85441	5.4.22	598. 1.3.10

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métalliques	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Fer.......	Fer fondu........	72070	4.5.27	504. 7.6.52
	Fer forgé en barre, écroui ou non écroui...........	77880	5.0.28	545. 2.4.55
	Acier ni trempé, ni écroni........	78331	5.0.44	548. 5.0.41
	Le même écroui et non trempé..	78404	5.0.47	548.13.1.71
	Le même écroui et ensuite trempé..............	78180	5.0.39	547. 4.1.20
	Le même trempé et non écroui...	78163	5.0.38	547. 2.2. 3
Etain......	Etain pur de Cornouailles, fondu et non écroui...	72914	4.5.58	510. 6.2.68
	Le même fondu et écroui........	72994	4.5.61	510 15.2.45
	Etain de Mélac, fondu et non écroui..........	72963	4.5.60	510.11.6.61
	Le même fondu et écroui..........	73065	4.5.64	511. 7.2.17
Plomb.....	Plomb fondu....	113523	7.2.62	794.10.4.44
Zinc.......	Zinc fondu......	71908	4.5.21	503. 5.5.41
Bismuth...	Bismuth fondu..	98227	6.2.67	687. 9.3.28
Cobalt.....	Cobalt fondu....	78119	5.0.36	546.13.2.45
Antimoine.	Antimoine fondu.............	67021	4.2.54	469. 2.2.59
	Antimoine crud..	40643	2.5. 5	284. 8.0. 9
	Verre d'antimoine............	40464	3.1.46	346. 3.7.64

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métalliques.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	liv. on. g. gr
Arsenic....	Arsenic fondu...	57633	3.5.64	403. 6.7.12
Nickel....	Nickel fondu....	78070	5.0.35	546. 7.6.52
Molybdèn.	....	47385	3.0.41	331.11.1.69
Tungstène.	....	60665	3.7.33	424.10.3.60
Mercure...	....	135681	8.6.25	949.12.2.13

PIERRES PRÉCIEUSES.

Noms des pierres précieuses.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Diamant...	Diamant oriental blanc.........	35212	2.2.19	246. 7.5.69
	Diamant oriental couleur de rose.	35310	2.2.22	247. 2.5.55
Rubis.....	Rubis oriental...	42833	2.6.15	299.13.2.26
	Rubis spinelle...	37600	2.3.36	263. 3.1.43
	Rubis balai......	36458	2.2.65	255. 3.2.26
	Rubis du Brésil..	35311	2.2.22	247. 2.6.47
Topaze....	Topaze orientale.	40106	2.4.57	280.11.6.70
	Topaze-pistache orientale.......	40615	2.5. 4	284. 4.7. 3
	Topaze du Brésil.	35365	2.2.24	247. 8.7. 3

PIERRES PRÉCIEUSES.				
Noms des pierres précieuses.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Topaze....	Topaze de Saxe..	35640	2.2.35	249. 7.5.32
	Topaze blanche de Saxe...........	35535	2.2.31	248.11.7.26
Saphir.....	Saphir oriental..	39941	2.4.51	279. 9.5.10
	Saphir oriental blanc..........	39911	2.4.50	279. 6.0.18
	Saphir du Puy...	40769	2.5.10	285. 6.1. 2
	Saphir du Brésil.	31307	2.0.17	219. 2.3. 5
Girasol....	....	40000	2.4.53	280. 0.0. 0
Jargon....	Jargon de Ceylan.	44161	2.6.65	309. 2.0.18
Hyacinthe.	Hyacinthe commune..........	36873	2.3. 9	258. 1.5.22
Vermeille.	....	42299	2.5.67	296. 1.5.65
Grenat....	Grenat de Bohême.............	41888	2.5.52	293. 3.3.47
	Grenat en cristal dodécaèdre......	40627	2.5. 5	284. 6.1.57
	Grenat en cristal à 24 faces, volcanisé...........	24684	1.4.58	172.12.4.62
	Grenat syrien...	40000	2.4.53	280. 0.0. 0
Emeraude.	Emeraude du Pérou...........	27755	1.6.28	194. 4.4.35
Chrysolite.	Chrysolite des joailliers.......	27821	1.6.31	194.11.7.44
	Chrysolite du Brésil............	26923	1.5.69	188. 7.5. 1
Aigue-marine.....	Aigue-marine orientale ou béril.............	35489	2.2.29	248. 6.6.10
	Aigue-marine occidentale.......	27227	1 6. 8	190. 9.3.28

PIERRES SILICEUSES.				
Noms des pierres siliceuses.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Cristal de roche....	Cristal de roche limpide de Madagascar..........	26530	1.5.54	185.11.2.64
	Cristal de roche du Brésil........	26526	1.5.54	185.10.7.21
	Cristal de roche gélatineux, ou d'Europe.......	26548	1.5.56	185.13.5. 1
Quartz....	Quartz cristallisé.	26546	1.5.55	185.13.1.16
	Quartz en masse..	26471	1.5.52	185. 4.6. 1
Grès......	Grès des paveurs.	24158	1.4.38	169. 1.5.41
	Grès des remouleurs..........	21429	1.3. 8	150. 0.0.28
	Grès des couteliers..........	21113	1.2.68	147.12.5.18
	Grès luisant de Fontainebleau..	25616	1.5.20	179. 4.7.67
	Pierre à faux à grain moyen d'Auvergne.....	25638	1.5.21	179. 7.3.47
	Pierre à faux de Lorraine.......	25298	1.5. 8	177. 1.3. 1
Agathe....	Agathe orientale.	25901	1.5.31	181. 4.7.21
	Agathe onix.....	26375	1.5.49	184.10.0. 0
Calcédoine.	Calcédoine limpide...........	26640	1.5.59	186. 7.5.32
Cornaline..	....	26137	1.5.40	182.15.2.54
Sardoine...	Sardoine pure...	26025	1.5.36	182. 2.6.59
Prase......	....	25805	1.5.27	180.10.1.20
Pierre à fusil.......	Pierre à fusil blonde............	25941	1.5.32	181. 9.3.10
	Pierre à fusil noirâtre..........	25817	1.5.28	180.11.4. 2

PIERRES SILICEUSES.

Noms des pierres siliceuses.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Caillou....	Caillou onix.....	26644	1.5.59	186. 8.1. 2
	Caillou de Rennea...........	26538	1.5.55	185.12.2. 3
Pierre meulière.....	....	24835	1.4.63	173.13.4.12
Jade......	Jade blanc.......	29502	1.7.21	206. 8.1.57
	Jade vert........	29660	1.7.27	207. 9.7.26
Jaspe......	Jaspe rouge......	26612	1.5.58	186. 4.4.25
	Jaspe brun.......	26911	1.5.69	188. 6.0.18
	Jaspe jaune......	27101	1.6. 4	189.11.2.36
	Jaspe violet......	27111	1.6. 4	189.12.3.35
	Jaspe gris........	27640	1.6.24	195. 7.5.32
	Jaspe onix ou rubanné..........	28160	1.6.43	197. 1.7.26
Schorl.....	Schorl noir, prismatique hexaèdre.............	33636	2.1.32	235. 7.1.62
	Schorl noir apathique.........	33852	2.1.40	236.15.3.28
	Schorl noir en masse, dit Basalte noir antique...........	29225	1.7.11	204. 9.1.43

PIERRES ARGILEUSES OU ALUMINEUSES.

Noms des pierres.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Serpentine.	Serpentine opaque verte d'Italie, dite Gabro des Florentins..	24295	1.4.43	170. 1.0.23

PIERRES ARGILEUSES OU ALUMINEUSES.

Noms des pierres.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Stéatite...	Craie de Briançon grossière.......	27274	1.6.10	190.14.5 56
	Craie d'Espagne..	27902	1.6.34	195. 5.0.14
	Pierre ollaire feuilletée, du Dauphiné.......	27687	1.6.26	193.12.7.40
	Pierre ollaire feuilletée, de Suède..........	28531	1.6.57	199.11.3.56
Talc.......	Talc de Moscovie.	27917	1.6.34	195. 6.5.46
	Mica noir......	29004	1.7. 3	203. 0.3.42
Schiste.....	Schiste commun.	26718	1.5.61	187. 0.3.24
	Ardoise neuve...	28535	1.6.57	199.11.7.26
	Pierre à rasoir blanche.........	28763	1.6.66	201. 5.3.47
	Pierre à rasoir noire et blanche...	31311	2.0.17	219. 2.6.47

PIERRES CALCAIRES.

Spath calcaire.....	Spath calcaire rhomboïdal, dit cristal d'Islande.	27151	1.6. 6	190. 0.7.21
	Spath calcaire pyramidal, dit dent de cochon......	27141	1.6. 5	189.15.6.24
Albâtre....	Albâtre oriental blanc antique...	27302	1.6.11	191. 2.6.42
Marbre....	Marbre campan vert............	27417	1.6.16	191.14.5.46
	Marbre campan rouge..........	27242	1.6. 9	190.11.0.50
	Marbre blanc de Carare.........	27168	1.6. 6	170. 2.6.38

PIERRES CALCAIRES.

Noms des pierres.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Marbre....	Marbre blanc de Paros..........	28376	1.6.51	198.10.0.65
Pierres calcaires à bâtir.......	Pierre de S. Leu, de la carrière de S. Leu.........	16593	1.0.43	116. 2.3.24
	Pierre de S. Leu, de la carrière de Notre-Dame....	18094	1.1.28	126.10.4.16
	Pierre de Vergelet, du plus gros grain.........,	16542	1.0.42	115.12.5.46
	Pierre d'Arcueil.	20605	1.2.49	144. 3.6. 6
	Pierre de liais du fond de Bagneux, de la carrière de mad. Ricateau..	20778	1.2.56	145. 7.1. 6
	Pierre de liais du fond de Bagneux, de la carrière de M. Ory.........	23902	1.4.28	167. 5.0.14
	Pierre des carrières de Bouré....	13864	0.7.14	97. 1.6.10
	Pierre de Passy près Tonnerre..	23340	1.4. 7	163. 6.0.46

SPATHS.

Sapth pesant, ou sulfate de baryte....	Spath pesant blanc..........	44300	2.6.70	310. 1.4.58
Spath fluor, ou fluate de chaux..	Spath fluor blanc.	31555	2.0.26	220.14.1.20
	Spath fluor rouge.	31911	2.0.39	223. 6.0.18
	Spath fluor vert..	31817	2.0.36	222.11.2.17
	Spath fluor bleu..	31688	2.0.31	221.13.0.32
	Spath fluor violet.	31757	2.0.34	222. 4.6.20

ZÉOLITE.				
Noms des pierres.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Zéolite....	Zéolite étincelante rouge d'Œdelfors...........	24868	1.4.64	174. 1.1.52
	Zéolite étincelante blanche......	20739	1.2.54	145. 2.6.10
	Zéolite cristallisée............	20833	1.2.58	145.13.2.26
PEISCHTEIN, OU PIERRE DE POIX.				
Pierres de poix.....	Pierre de poix noire..............	20499	1.2.45	143. 7.7. 7
	Pierre de poix jaune...........	20860	1.2.59	146. 0.2.40
	Pierre de poix rouge..........	26695	1.5.61	186.13.6.52
	Pierre de poix noirâtre.........	23191	1.4. 2	162. 5.3.10
PIERRES MÉLANGÉES.				
Porphire..	Porphire rouge..	27651	1.6.24	193. 8.7.21
	Porphire rouge du Dauphiné...	27933	1.6.35	195. 8.3.70
Serpentin..	Serpentin vert...	28960	1.7. 1	202.11.4.12
	Serpentin noir, dit variolite du Dauphiné......	29339	1.7.15	205. 5.7.54
	Serpentin vert du Dauphiné......	29883	1.7.36	209. 2.7.12
Ophite....	....	29722	1.7.30	208. 0.6.66
Granitelle.	....	30626	1.7.63	214. 6.0.65
Granit....	Granit rouge d'Egypte.........	26541	1.5.55	185.12.4.53
	Granit d'un beau rouge.........	27609	1.6.23	193. 4.1.48
	Granit de la vallée de Girardmas dans les Vosges..	27163	1.6. 6	190. 2.2. 3

PIERRES DE VOLCANS.

Noms des pierres.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Pierres de volcans..	Pierre ponce....	9145	0.4.53	64. 0.1.66
	Lave pleine de volcans, dite *pierre obsidienne*...........	23480	1.4.13	164. 5.6. 6
	Pierre de Volvic.	23205	1.4. 2	162. 6.7.49
	Basalte de la chaussée des Géans........	28642	1.6.61	200. 7.7.17
	Basalte prismatique d'Auvergne.	24215	1.4.40	169. 8.0.46
	Basalte, dit *pierre de touche*......	24153	1.4.38	169. 1.1. 6

VITRIFICATIONS ARTIFICIELLES.

Verres.....	Laitier des forges.	28548	1.6.58	199.13.3. 1
	Verre des bouteilles.........	27325	1.6.12	191. 4.3.14
	Verre vert ou commun des vitres..........	26423	1.5.50	184.15.3. 1
	Verre blanc, ou cristal de France.	28922	1.7. 0	202. 7.2. 8
	Cristal des glaces de S. Gobin....	24882	1.4.65	174. 2.6.20
	Cristal d'Angleterre, dit *flint-glass*.........	33293	2.1.19	233. 0.6.38
	Verre de borax..	26070	1.5.37	182. 7.6.52
Porcelaines.	Porcelaine dure du roi, ou de Sèves...........	21457	1.3. 9	150. 3.1.34
	Porcelaine de Limoges.........	23410	1.4.10	163.13.7.26
	Porcelaine de la Chine.........	23847	1.4.26	166.14.6.66

MATIÈRES INFLAMMABLES.

Noms des pierres.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g gr.	liv. on. g. gr.
Soufre....	Soufre natif....	20332	1.2.39	142. 5.1.34
	Soufre fondu....	19907	1.2.23	139. 5.3.56
Bitumes...	Charbon de terre compacte......	13292	0.6.64	93. 0.5.46
	Ambre gris......	9263	0.4.58	64.13.3.47
	Ambre jaune, ou succin transparent..........	10780	0.5.42	75. 7.2.63

TABLE des pesanteurs spécifiques des fluides.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
	EAUX.			
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Eaux......	Eau distillée....	10000	0.5.13	70. 0.0. 0
	Eau de pluie....	10000	0.5.13	70. 0.0. 0
	Eau de la Seine filtrée.........	10001,5	0.5.13,4	70. 0.1.25
	Eau d'Arcueil...	10004,6	0.5.13,5	70. 0.4. 9
	Eau de Ville-d'Avray.........	10004,3	0.5.13,5	70. 0.3.61
	Eau de mer.....	10263	0.5.23	71.13.3.47
	Eau du lac Asphaltite, ou de la mer Morte.........	12403	0.6.31	86.13.1. 6
	LIQUEURS SPIRITUEUSES.			
Vins.....	Vin de Bourgogne..........	9915	0.5.10	69. 6.3.60
	Vin de Bordeaux.	9939	0.5.11	69. 9.1.25
	Vin de Malvoisie de Madère.....	10382	0.5.28	72.10.6.20
	Bière rouge....	10338	0.5.26	72. 5.6.61
	Bière blanche...	10231	0.5.22	71. 9.6.70
	Cidre.........	10181	0.5.20	71. 4.2.13
Esprit-de-vin, ou alkool.....	Alkool du commerce........	8371	0.4.25	58. 9.3.30
	Alkool très-rectifié..........	8293	0.4.22	58. 0.6.58
	Alkool mêlé d'eau.			
	Alkool. *Eau.*			
	parties parties			
	15..... 1....	8527	0.4.30	59.11.0.14
	14..... 2....	8674	0.4.36	60.11.4. 3
	13..... 3....	8815	0.4.41	61.11.2.17
	12..... 4....	8947	0.4.46	62.10.0.37
	11..... 5....	9075	0.4.51	63. 8.3.14
	10..... 6....	9199	0.4.55	64. 6.2.22
	9..... 7....	9317	0.4.60	65. 3.4. 2

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
LIQUEURS SPIRITUEUSES.				
Esprit-de-vin, ou alkool....	Alkool mêlé d'eau.			
	Alkool. Eau.			
	parties parties		on. g. gr.	liv. on. g. gr.
	8...... 8....	9427	0.4.64	65.15.6.43
	7...... 9....	9519	0.4.67	66.10.1. 2
	6...... 10....	9598	0.4.70	67. 2.7.58
	5...... 11....	9674	0.5. 1	67.11.3.66
	4...... 12....	9733	0.5. 3	68. 2.0.55
	3...... 13....	9791	0.5. 6	68. 8.4.53
	2...... 14....	9852	0.5. 8	68.15.5.28
	1...... 15....	9919	0.5.10	69. 6.7.31
Ethers....	Ether sulfurique.	7396	0.3.60	51.12.2.59
	Ether nitrique...	9088	0.4.51	63. 9.6.61
	Ether muriatique.	7296	0.3.56	51. 1.1.16
	Ether acétique...	8664	0.4.35	60.10.2.68
LIQUEURS ACIDES.				
Acides minéraux...	Acide sulfurique.	18409	1.1.39	128.13.6.33
	Acide nitrique...	12715	0.6.43	89. 0.0.46
	Acide muriatique.	11940	0.6.14	83. 9.2.17
Acides végétaux....	Acide acéteux rouge.........	10251	0.5.23	71.12.0.65
	Acide acéteux blanc.........	10135	0.5.18	70.15.0.69
	Acide acéteux distillé...........	10095	0.5.17	70.10.5. 9
	Acide acétique...	10626	0.5.37	74. 6.0.65
Acides animaux....	Acide formique..	9942	0.5.11	69. 9.4. 2
ALKALI VOLATIL, OU AMMONIAQUE.				
Ammoniaque....	Ammoniaque en liqueur.........	8970	0.4.47	62.12.5. 9

LIQUEURS HUILEUSES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr	liv. on. g. gr.
Huiles volatiles, ou essentielles.......	Huile essentielle de térébenthine.	8697	0.4.37	60.14.0.37
	Térébenthine liquide..........	9910	0.5.10	69. 5.7.26
	Huile essentielle de lavande......	8938	0,4.46	62. 9.0.32
	Huile essentielle de gérofle......	10363	0.5.27	72. 8.5.18
	Huile essentielle de cannelle......	10439	0.5.30	73. 1.[illegible].25
Huiles fixes, ou grasses.	Huile d'olives...	9153	0.4.54	64. 1.1. 6
	Huile d'amande douce..........	9170	0.4.54	64. 3.0.23
	Huile de lin.....	9403	0.4.63	65.13.1. 6
	Huile de pavot...	9288	0.4.57	64.10 5.18
	Huile de faîne...	9176	0.4.55	64. 3.5.50
	Huile de baleine.	9233	0.4.57	64.10.0.55

LIQUEURS ANIMALES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
Liqueurs animales.	Lait de femme...	10203	0.5.21	71. 6.5.64
	Lait de jument..	10346	0.5.26	72. 6.6. 1
	Lait d'ânesse....	10355	0.5.27	72. 7.6. 6
	Lait de chèvre...	10341	0.5.26	72. 6.1.59
	Lait de brebis...	10409	0.5.29	72.13.6.33
	Lait de vache....	10324	0.5.25	72. 4.2.22
	Petit-lait de vache clarifié....	10193	0.5.20	71. 5.4.67
	Urine humaine..	10106	0.5.17	70. 1.6.70

TABLE des pesanteurs spécifiques de quelques substances végétales et animales.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Résines....	Résines jaune ou blanche du pin..	10727	5.40	75. 1.3.28
	Arcançon........	10857	5.45	75.15.7.63
	Galipot.........	10819	5.54	75.11.5.59
	Baras...........	10441	5.30	73. 1.3.10
	Sandaraque......	10920	5.48	76. 7.0.23
	Mastic..........	10742	5.41	75 .3.0.60
	Storax..........	11098	5.54	77.10.7.58
	Résine, ou gomme copale opaque..	11398	5.28	72.12.4.44
	Gomme copale transparente....	10452	5.30	73. 2.4.71
	Gomme copale de Madagascar.....	10600	5.36	74. 3.1.43
	Gomme copale de la Chine.......	10628	5.37	74. 6.2.50
	Résine, ou gomme élémi..........	10182	5.20	71. 4.3. 5
	Résine, ou gomme animée d'Orient.	10284	5.24	71.15.6.33
	Résine, ou gomme animée d'Occident...........	10426	5.29	72.15.5.50
	Labdanum.......	11862	6.11	83. 0.4.25
	Labdanum *in tortis*...........	24933	1.4.67	74. 8.3.70
	Résine, ou gomme de gayac.......	12289	6.27	86. 0.2.68
	Résine de jalap...	12185	6.23	85. 4.5.55
	Sang-dragon.....	12045	6.18	84. 5.0.23
	Résine, ou gomme-laque.......	11390	5.65	79.11.5.32
	Résine tacamaque............	10463	5.31	73. 5.6.61
	Benjoin.........	10924	5.48	76. 7.3.65
	Résine, ou gomme alouchi.........	10604	5.36	74. 3.5.13

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Résines....	Résine, ou gomme caragne........	11244	5.60	78.11.2.45
	Résine, ou gomme élastique.......	9335	4.61	65. 5.4.12
	Camphre........	9887	5. 9	69. 3.2.54
Gommes-résines.	Gomme ammoniaque...........	12071	6.19	84. 7.7.44
	Gomme séraphique...........	12008	6.16	84. 0.7.12
	Gomme de lierre, ou hédérée.....	12948	6.51	90.10.1.29
	Gomme gutte....	12216	6.24	85. 8.1.39
	Euphorbe.......	11244	5.60	78.11.2.45
	Oliban, ou encens.	11732	6. 6	82. 1.7.63
	Mirrhe..........	13600	7. 4	95. 3.1.43
	Bdelium.........	13717	5.65	79.10.1.57
	Scammonée d'Alep...........	12354	6.29	86. 7.5.13
	Scammonée de Smyrne........	12743	6.44	89. 3.1.52
	Galbanum.......	12120	6.20	84.13.3.37
	Assa fœtida......	13275	6.64	92.14.6.29
	Sarcocolle.......	12684	6.42	88.12.4.62
	Opopanax.......	16226	1.0.30	113. 9.2.36
Gommes...	Gomme commune, ou de Païs...	14817	0.7.49	103.11.4. 2
	Gomme arabique.	14523	7.38	101.10.4.44
	Gomme adraganthe...........	13161	6.59	92. 2.0.18
	Gomme de Bassora.............	14346	7.32	100. 6.6. 1
	Gomme d'acajou.	14456	7.36	101. 3.0.41
	Gomme monbain.	14206	7.26	99. 7.0.41
Sucs épaisais.......	Suc de réglisse...	17228	1.0.67	120. 9.4.21
	Suc d'acacia.....	15153	7.62	106. 1.1. 6
	Suc d'arec......	14573	7.40	102. 0.1.29
	Cachou.........	13980	7.18	97.13.6. 6
	Aloès hépatique.	13586	7. 5	95. 1.5. 4
	Aloès socotrin...	13795	7.11	96. 9.0.23

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Sucs épaissis	Hypociste	15263	7.66	106.13.3.47
	Opium	13366	6.67	93. 8.7. 3
Fécules	Indigo	7690	0.3.71	53.13.2.17
	Roucou	5956	0.3. 6	41.11.0.41
Cires et graisses	Cire jaune	9648	5. 0	67. 8.4.44
	Cire blanche	9686	5. 2	67.12.6.47
	Cire d'ouarouchi.	8970	4.47	62.12.5. 9
	Beurre de cacao	8916	4.45	62. 6.4.53
	Blanc de baleine.	9433	4.64	66. 0.3.70
	Graisse de bœuf	9232	4.57	64. 9.7.63
	Graisse de veau	9341	4.61	65. 6.1.39
	Graisse de mouton	9235	4.57	64.10.2.40
	Suif	9419	4.64	65.14.7.31
	Graisse de cochon	9368	4.62	65. 9.1.52
	Lard	9478	4.66	66. 5.4.21
	Beurre	9423	4.64	65.15.3. 1
Bois	Chêne de 60 ans : le cœur	11700	6. 5	81.14.3.14
	Liége	2400	1.18	16.12.6.29
	Orme : le tronc	6710	3.35	46.15.4.12
	Frêne : le tronc	8450	4.27	59. 2.3.14
	Hêtre	8520	4.30	59.10.1.66
	Aune	8000	4.11	56. 0.0. 0
	Erable	7550	3.66	52.13.4.58
	Noyer de France	6710	3.35	46.15.4.12
	Saule	5850	3. 2	40.15.1.43
	Tilleul	6040	3. 9	42. 4.3.60
	Sapin mâle	5500	2.61	38. 8.0. 0
	Sapin femelle	4980	2.42	34.13.6. 0
	Peuplier	3830	1.71	26.12.7.49
	Peuplier blanc d'Espagne	5294	2.54	37. 0.7.31
	Pommier	7930	4. 8	55. 8.1.20
	Poirier	6610	3.31	46. 4.2.40

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			g. gr.	liv. on. g. gr.
Bois.	Coignassier.	7050	3.47	49. 5.4.58
	Neflier.	9440	4.64	66. 1.2.17
	Prunier.	7850	4. 5	54.15.1.43
	Olivier.	9270	4.58	64.14.1.66
	Cerisier.	7150	3.51	50. 0.6.29
	Coudrier ou Noisetier.	6000	3. 8	42. 0.0. 0
	Buis de France.	9120	4.52	63.13.3.37
	Buis de Hollande.	13280	6.64	92.15.2.63
	If de Hollande.	7880	4. 6	55. 2.4.35
	If d'Espagne.	8070	4.13	56. 7.6.52
	Cyprès d'Espagne.	6440	3.24	45. 1.2.17
	Thuya.	5608	2.65	39. 4.0.55
	Grenadier.	13540	7. 1	94.12.3.60
	Mûrier d'Espagne	8970	4.47	62.12.5. 9
	Gayac.	13330	6.66	93. 4.7.49
	Oranger.	7050	3.47	49. 5.4.58

Extrait des Registres de l'Académie royale des Sciences.

Du 4 février 1789.

L'Académie nous a chargés, M. d'Arcet et moi, de lui rendre compte d'un Traité élémentaire de Chimie, que lui a présenté M. Lavoisier.

Ce Traité est divisé en trois parties : la première a principalement pour objet, la formation des fluides aériformes et leur décomposition, la combustion des corps simples, et la formation des acides.

Les molécules des corps peuvent être considérées comme obéissant à deux forces, l'une répulsive, l'autre attractive. Pendant que la dernière de ces forces l'emporte, le corps demeure dans l'état solide ; si, au contraire, l'attraction est plus foible, les parties du corps perdent l'adhérence qu'elles avoient entr'elles, et il cesse d'être un solide.

La force répulsive est due au fluide très-subtil qui s'insinue à travers les molécules de tous les corps, et qui les écarte ; cette substance, quelle qu'elle soit, étant la cause de la chaleur,

chaleur, ou, en d'autres termes, la sensation que nous appelons chaleur, étant l'effet de l'accumulation de cette substance, on ne peut pas, dans un langage rigoureux, la désigner par le nom de chaleur, parce que la même dénomination ne peut pas exprimer la cause et l'effet; c'est ce qui a déterminé M. Lavoisier, avec les autres auteurs de la Nomenclature chimique, à la désigner sous le nom de calorique.

Nous nous contenterons, dans ce rapport, d'employer la nomenclature adoptée par M. Lavoisier; mais dans le cours de son ouvrage, après avoir établi, par les expériences les plus exactes, les faits qui doivent servir de base aux connoissances chimiques, il a toujours soin de justifier la nomenclature dont il fait usage, et de suivre les rapports qui doivent se trouver entre les idées et les mots qui les représentent.

S'il n'existoit que la force attractive des molécules de la matière, et la force répulsive du calorique, les corps passeroient brusquement de l'état de solide à celui de fluide aériforme; mais une troisième force, la pression de l'atmosphère, met obstacle à cet écartement, et c'est à cet obstacle qu'est due l'existence des fluides. M. Lavoisier établit, par plusieurs expériences, quel est le degré de pression qui est nécessaire pour contenir différentes substances dans l'état li-

quide, et quel est le degré de chaleur nécessaire pour vaincre cette résistance. Mais il y a un certain nombre de substances qui, à la pression de notre atmosphère et au degré de froid connu, n'abandonnent jamais l'état de fluide aériforme; ce sont celles-là qu'on désigne sous le nom de gaz.

Puisque les molécules de tous les corps de la nature sont dans un état d'équilibre entre l'attraction, qui tend à les rapprocher et à les réunir, et les efforts du calorique, qui tend à les écarter, non-seulement le calorique environne de toutes parts les corps, mais encore il remplit les intervalles que leurs molécules laissent entr'elles, et comme c'est un fluide extrêmement compressible, il s'y accumule, il s'y resserre et s'y combine en partie. De ces considérations, M. Lavoisier déduit l'explication de ce qu'on doit entendre par le calorique libre, le calorique combiné, la capacité de calorique, la chaleur absolue, la chaleur latente, la chaleur sensible. On pourroit lui reprocher d'avoir insisté trop peu sur la propriété élastique et compressible du calorique, et de-là résulte une différence entre ses principes et la théorie de M. Black, sur la capacité de chaleur; mais en écartant cette considération, les idées de M. Lavoisier ont acquis l'avantage d'avoir plus de clarté.

Après ces principes généraux, M. Lavoisier décrit le moyen qu'a imaginé M. de la Place pour déterminer par la quantité de glace fondue, celle du calorique qui s'est dégagé au milieu de cette glace, d'un corps qui étoit élevé à une certaine température, ou d'une combinaison qui s'y est formée. Il passe ensuite à des vues générales sur la formation et la constitution de l'atmosphère de la terre, non-seulement en la considérant dans l'état où elle se trouve, mais encore dans différens états hypothétiques.

Notre atmosphère est formée de toutes les substances susceptibles de demeurer dans l'état aériforme au degré habituel de température et de pression que nous éprouvons. Il étoit bien important de déterminer quel est le nombre et quelle est la nature des fluides élastiques qui composent cette couche inférieure que nous habitons. On sait que les connoissances que nous avons acquises sur cet objet, font la gloire de la Chimie moderne; que non-seulement on a analysé ces fluides, mais qu'on a encore appris à connoître une foule de combinaisons qu'ils formoient avec les substances terrestres, et que par-là le vide immense que les anciens Chimistes cherchoient à déguiser par quelques suppositions, a été comblé pour la plus grande partie. Il est bien intéressant de voir celui qui a le plus

contribué à nous procurer ces connoissances nouvelles, en tracer lui-même le tableau, rapprocher les résultats des expériences qui ont fait l'objet d'un grand nombre de ses Mémoires, perfectionner ces expériences et tous les appareils qu'il a fallu imaginer; mais il n'est pas possible de suivre dans un extrait les descriptions que M. Lavoisier présente avec beaucoup de concision, sur l'analyse de l'air de l'atmosphère, la décomposition du gaz oxygène par le soufre, le phosphore et le charbon, sur la formation des acides en général, la décomposition du gaz oxygène par les métaux, la formation des oxides métalliques, le principe radical de l'eau, sa décomposition par le charbon et par le fer, la quantité de calorique qui se dégage des différentes espèces de combustion, et la formation de l'acide nitrique.

Après tous ces objets, M. Lavoisier examine la combinaison des substances combustibles les unes avec les autres.

Le soufre, le phosphore, le charbon ont la propriété de s'unir avec les métaux, et de-là naissent les combinaisons que M. Lavoisier désigne sous le nom de sulfures, phosphures et carbures.

L'hydrogène peut aussi se combiner avec un grand nombre de substances combustibles; dans

l'état de gaz, il dissout le carbone ou charbon pur, le soufre, le phosphore, et de-là viennent les différentes espèces de gaz inflammable.

Lorsque l'hydrogène et le carbone s'unissent ensemble, sans que l'hydrogène ait été porté à l'état de gaz par le calorique, il en résulte, selon M. Lavoisier, cette combinaison particulière qui est connue sous le nom d'huile, et cette huile est fixe ou volatile, selon les proportions de l'hydrogène et du carbone. Il a exposé dans les Mémoires de 1784, les expériences qui l'ont conduit à cette opinion.

Cependant il nous paroît que cette opinion n'est pas à l'abri des objections, nous nous contenterons d'en proposer une. Toutes les huiles donnent un peu d'eau et un peu d'acide lorsqu'on les distille, et en réitérant les distillations, on peut les réduire entièrement en eau, en acide, en charbon, en gaz carbonique et en gaz hydrogène carboné. Cet acide et cette eau qu'on retire dans chaque opération, n'annoncent-ils pas qu'il entroit de l'oxygène dans la composition de l'huile; car il est facile de prouver que l'air qui est contenu dans les vaisseaux qui servent à la distillation, n'a pas pu contribuer d'une manière sensible à leur production?

Il falloit d'abord examiner les phénomènes que présente l'oxygénation des quatre substances combustibles simples, le phosphore, le soufre, le carbone et l'hydrogène; mais ces substances, en se combinant les unes avec les autres, ont formé des corps combustibles composés, tels que les huiles, dont l'oxygénation doit présenter d'autres résultats. Selon M. Lavoisier, il existe des acides et des oxides à base double et triple : il donne en général le nom d'oxide à toutes les substances qui ne sont pas assez oxygénées pour prendre le caractère acide. Tous les acides du règne végétal ont pour base l'hydrogène et le carbone, quelquefois l'hydrogène, le carbone et le phosphore. Les acides et oxides du règne animal sont encore plus composés; il entre dans la composition de la plupart quatre bases acidifiables, l'hydrogène, le carbone, le phosphore et l'azote. M. Lavoisier tâche de rendre raison par ces principes très-simples, de la nature et de la différence des acides végétaux et des autres substances d'une nature végétale et d'une nature animale; il ne seroit pas juste dans ce moment de juger avec sévérité ces apperçus ingénieux, parce que l'auteur se propose de les développer dans des Mémoires particuliers.

L'hydrogène, l'oxygène et le carbone, sont

des principes communs à tous les végétaux, et pour cette raison, M. Lavoisier les appelle primitifs. Ces principes, en raison de la quantité de calorique avec lequel ils se trouvent combinés dans les végétaux, sont tous à-peu-près en équilibre à la température dans laquelle nous vivons; ainsi les végétaux ne contiennent ni huile, ni eau, ni acide carbonique, et seulement les élémens de toutes ces substances; mais un changement léger dans la température suffit pour renverser cet ordre de combinaison. L'hydrogène et l'oxygène s'unissent plus intimement et forment de l'eau qui passe dans la distillation; une portion de l'hydrogène et une portion du carbone se réunissent ensemble pour former de l'huile volatile, une autre partie du carbone devient libre et reste dans la cornue. Dans les substances animales, l'azote, qui est un de leurs principes primitifs, s'unit à une portion d'hydrogène pour former l'alkali volatil. M. Lavoisier donne des explications analogues à celles que nous venons d'indiquer, des phénomènes et des produits de la fermentation vineuse, et de la putréfaction.

Il y a un grand rapport entre ces dernières idées de M. Lavoisier et celles que M. Higgins a exposées dans un traité sur l'acide acéteux, la distillation, la fermentation, &c. qu'il a publié

en 1786, et dans lequel il admet la formation de l'eau et des huiles par l'action de la chaleur; mais n'ayant pas distingué le gaz hydrogène qu'il appelle phlogistique (ce qui est tout-à-fait indifférent), du charbon et de leur combinaison, il n'a pu déterminer les effets de la chaleur et de la fermentation avec autant d'exactitude que M. Lavoisier.

Les substances acidifiables, en s'unissant avec l'oxygène et en se convertissant en acides, acquièrent une grande tendance à la combinaison : elles deviennent propres à s'unir avec des substances terreuses et métalliques. Mais une circonstance remarquable distingue ces deux espèces de combinaison ; c'est que les métaux ne peuvent contracter d'union avec les acides que par l'intermède de l'oxygène, de manière qu'il faut qu'ils soient réduits en oxides, ou qu'ils décomposent l'eau dont ils dégagent alors le gaz hydrogène, ou qu'ils trouvent de l'oxygène dans l'acide, et c'est ainsi qu'ils forment du gaz nitreux avec l'acide nitrique.

La considération des phénomènes qui accompagnent les dissolutions, conduit M. Lavoisier à celle des bases alkalines, des terres et des métaux, et à déterminer le nombre des sels qui peuvent résulter de la combinaison de ces différentes bases avec tous les acides connus.

Dans la seconde partie de son ouvrage, M. Lavoisier présente successivement le tableau des substances simples, ou plutôt de celles que l'état actuel de nos connoissances nous oblige à considérer comme telles, celui des radicaux ou bases oxidables et acidifiables, composées de la réunion de plusieurs substances simples, ceux des combinaisons de l'azote, de l'hydrogène, du carbone, du soufre et du phosphore, avec des substances simples, et enfin ceux des combinaisons de tous les acides connus, avec les différentes bases. Chaque tableau est accompagné d'une explication sur la nature et les préparations de la substance qui en est l'objet, et sur ses principales combinaisons.

M. Lavoisier a réuni, dans la troisième partie de son ouvrage, la description sommaire de tous les appareils et de toutes les opérations manuelles qui ont rapport à la chimie élémentaire. Les détails indispensables dans lesquels il faut entrer, auroient interrompu la marche des idées rapides qu'il a présentées dans les deux premières parties, et en auroient rendu la lecture fatigante.

Cette description est d'autant plus précieuse, que non-seulement elle est faite avec beaucoup de méthode et de clarté, mais encore qu'elle a particulièrement pour objet les appareils

relatifs à la chimie moderne, dont plusieurs sont dûs à M. Lavoisier lui-même, et qui, en général, sont encore peu connus, même de ceux qui font une étude particulière de la chimie; mais il est impossible de tracer une esquisse de ces descriptions, et nous sommes obligés de nous borner à l'énumération des chapitres dans lesquels elles sont classées.

Le chapitre premier traite des instrumens propres à déterminer le poids absolu et la pesanteur spécifique des corps solides et liquides.

Le second est destiné à la gazométrie, ou à la mesure du poids et du volume des substances aériformes.

Le chapitre troisième contient la description des opérations purement mécaniques, qui ont pour objet de diviser les corps, telles que la trituration, la porphirisation, le tamisage, la filtration, &c.

M. Lavoisier décrit, dans le chapitre cinquième, les moyens que la chimie emploie pour écarter les unes des autres les molécules des corps sans les décomposer, et réciproquement pour les réunir, ce qui comprend la solution des sels, leur lexiviation, leur évaporation, leur cristallisation, et les appareils distillatoires.

Les distillations pneumato-chimiques, les

dissolutions métalliques, et quelques autres opérations qui exigent des appareils très-compliqués, sont l'objet du sixième chapitre.

Le chapitre septième contient la description des opérations relatives à la combustion et à la détonation. Les appareils qui sont décrits dans ce chapitre sont entièrement nouveaux.

Enfin le chapitre huitième est destiné aux instrumens nécessaires pour opérer sur les corps à de très-hautes températures.

Toutes ces descriptions sont rendues sensibles par un grand nombre de planches qui présentent tous les détails qu'on peut desirer, et qui sont gravées avec beaucoup de soin. Nous ne devons pas laisser ignorer à la reconnoissance des chimistes, qu'elles ne sont point l'ouvrage d'un burin mercenaire, mais qu'elles sont dûes au zèle et aux talens variés du traducteur de l'ouvrage de M. Kirvan sur le phlogistique.

Ces nouveaux élémens sont terminés par quatre tables; la première donne le nombre des pouces cubiques correspondans à un poids déterminé d'eau; la seconde est destinée à convertir les fractions vulgaires en fractions décimales, et réciproquement; la troisième présente le poids des différens gaz, et la quatrième, la pesanteur spécifique des différentes substances.

Ainsi M. Lavoisier, en partant des notions

les plus simples et des objets les plus élémentaires, conduit successivement aux combinaisons plus composées. Ses raisonnemens sont presque toujours fondés sur des expériences rigoureuses, ou plutôt ils n'en sont que le résultat; et il finit par donner les élémens de l'art des expériences qui doit servir de guide aux chimistes qui, au lieu de se livrer à de vaines hypothèses, veulent établir leurs opinions la balance à la main.

L'ouvrage est précédé d'un discours dans lequel M. Lavoisier rend compte des motifs qui l'ont engagé à l'entreprendre, et de la marche qu'il a suivie dans son exécution.

S'étant imposé la loi de ne rien conclure au-delà de ce que les expériences présentent et de ne jamais suppléer au silence des faits, il n'a point compris dans ses élémens la partie de la chimie la plus susceptible peut-être de devenir un jour une science exacte, c'est celle qui traite des affinités ou attractions chimiques; mais les données principales manquent, ou du moins celles que nous avons ne sont encore ni assez précises, ni assez certaines pour devenir la base sur laquelle doit porter une partie aussi importante de la chimie.

M. Lavoisier a la modestie d'avouer qu'une considération secrète a peut-être donné du poids

aux raisons qu'il pouvoit avoir de se taire sur les affinités; c'est que M. de Morveau est au moment de publier l'article *affinité* de l'Encyclopédie méthodique, et qu'il a redouté de traiter en concurrence avec lui, un objet qui exige des discussions très-délicates.

Quoique les savans s'empressent de toutes parts de rendre justice aux connoissances profondes de M. de Morveau, il doit néanmoins être flatté d'un aveu qui honore également celui qui l'a fait.

Si M. Lavoisier ne parle point, dans ce Traité, des parties constituantes et élémentaires des corps, c'est qu'il regarde comme hypothétique tout ce qu'on a dit sur les quatre élémens : il est probable que nous ne connoissons pas les molécules simples et indivisibles qui composent les corps; mais il est un terme auquel nous conduisent nos analyses, et ce sont les derniers résultats que nous en obtenons, qui sont pour nous des substances simples, ou, si l'on veut, des élémens.

Mais l'objet principal de ce discours est de faire sentir la liaison qui se trouve entre l'abus des mots et les idées fausses, et entre la précision du langage et les progrès des sciences.

Nous pensons que ces nouveaux élémens

sont très-dignes d'être imprimés sous le privilége de l'Académie.

Fait à l'Académie, le 4 février 1789.

Signé, D'ARCET et BERTHOLET.

Je certifie le présent extrait conforme à l'original, et au jugement de l'Académie. A Paris, ce 7 février 1789.

Signé, le Marquis DE CONDORCET.

Extrait des Registres de la Société royale de Médecine.

Du 6 février 1789.

La Société nous a chargés, M. de Horne et moi, d'examiner un ouvrage de M. Lavoisier, ayant pour titre, *Traité élémentaire de Chimie, présenté dans un ordre nouveau, et d'après les découvertes modernes.* Comme ce Traité, que nous avons lu avec le plus vif intérêt, offre une méthode élémentaire différente de toutes celles qu'on a suivies dans les ouvrages du même genre, nous avons cru devoir en rendre un compte très-détaillé à la Compagnie.

Les Physiciens, et tous les hommes qui s'adonnent à l'étude de la Philosophie naturelle, savent que c'est aux expériences de M. Lavoisier qu'est due la révolution que la Chimie a éprouvée depuis quelques années; à peine M. Black eut-il fait connoître, il y a bientôt vingt ans, l'être fugace qui adoucit la chaux et les alkalis, et qui avoit jusques-là échappé aux recherches des Chimistes; à peine M. Priestley eut-il donné ses premières expériences sur l'air fixe, et ce qu'il appeloit les différentes espèces d'air, que

M. Lavoisier, qui ne s'étoit encore appliqué qu'à mettre dans les opérations de Chimie de l'exactitude et de la précision, conçut le vaste projet de répéter et de varier toutes les expériences des deux célèbres Physiciens anglais, et de poursuivre avec une ardeur infatigable une carrière nouvelle, dont il prévoyoit dès-lors l'étendue. Il sentit sur-tout que l'art de faire des expériences vraiment utiles, et de contribuer aux progrès de la science de l'analyse, consistoit à ne rien laisser échapper, à tout recueillir, à tout peser. Cet idée ingénieuse, à laquelle sont dues toutes les découvertes modernes, l'engagea à imaginer, pour les effervescences, pour les combustions, pour la calcination des métaux, etc. des appareils capables de porter la lumière la plus vive sur la cause et les résultats de ces opérations. On connoît trop généralement aujourd'hui la plupart des faits et des découvertes que cette route expérimentale nouvelle a fait naître, pour que nous ayons besoin d'en suivre ici les détails; nous nous contenterons de rappeler que c'est à l'aide de ces procédés, à l'aide de ce nouveau sens, ajouté, pour ainsi dire, à ceux que le Physicien possédoit déjà, que M. Lavoisier est parvenu à établir des vérités et une doctrine nouvelles sur la combustion, sur la calcination des métaux, sur la nature

ture de l'eau, sur la formation des acides, sur la dissolution des métaux, sur la fermentation et sur les principaux phénomènes de la nature. Ces instrumens si ingénieux, cette méthode expérimentale si exacte et si différente des procédés employés autrefois par les Chimistes, n'ont cessé, depuis 1772, de devenir entre les mains de M. Lavoisier et des Physiciens qui ont suivi la même route, une source féconde de découvertes. Les Mémoires de l'Académie des Sciences offrent, depuis 1772 jusqu'en 1786, une suite non interrompue de travaux, d'expériences, d'analyses faites par ce Physicien sur le même plan. Ce qu'il y a de plus frappant pour ceux qui aiment à suivre les progrès de l'esprit humain dans ce genre de recherches, dont on n'avoit aucune idée il y a vingt ans, c'est que toutes les découvertes qui se sont succédées depuis cette époque, n'ont fait que confirmer les premiers résultats trouvés par M. Lavoisier, et donner plus de force et plus de solidité à la doctrine qu'il a proposée. Une autre considération, qui nous paroît également importante, c'est que les expériences de Bergman, de Schéele, de MM. Cavendish, Priestley, et d'un grand nombre d'autres Chimistes dans différentes parties de l'Europe, quoique faites sous des points de vue et avec des moyens différens en appa-

rence, se sont tellement accordées avec les résultats généraux dont nous parlions plus haut, que cet accord, bien propre à convaincre les Physiciens qui cherchent la vérité sans prévention, et avec le courage nécessaire pour résister aux préjugés, n'a fait que rendre plus solides et plus inébranlables les fondemens sur lesquels repose la nouvelle doctrine chimique. C'est dans cet état de la science, c'est à l'époque où les faits nouveaux, généralement reconnus, n'excitent encore des discussions entre les Physiciens, que relativement à leur explication, que M. Lavoisier, auteur de la plus grande partie de ces découvertes, et de la théorie simple et lumineuse qu'elles ont créée, s'est proposé d'enchaîner dans un nouvel ordre les vérités nouvelles, et d'offrir aux Savans, ainsi qu'à ceux qui veulent le devenir, l'ensemble de ses travaux. Ceux qui ont suivi avec soin les progrès successifs de la Chimie, ne trouveront dans l'ouvrage dont nous nous occupons, que les faits qu'ils connoissent déjà; mais ils se présenteront à eux dans un ordre qui les frappera par sa clarté et sa précision. Ce sera donc spécialement sur la marche des faits, des idées et des raisonnemens tracés par M. Lavoisier, que nous insisterons dans ce rapport.

Ce Traité est divisé en trois parties. Dans la

première, M. Lavoisier expose les élémens de la science et les bases sur lesquelles elle est fondée. C'est sur les corps les plus simples, et sur le premier ordre de leurs combinaisons, que roule cette première partie, comme nous le dirons tout-à-l'heure.

La seconde partie présente les tableaux de toutes les combinaisons de ces corps simples entr'eux, et des mixtes qu'ils forment les uns avec les autres. Les composés salins neutres en sont particulièrement le sujet.

Dans la troisième partie, M. Lavoisier décrit les appareils nouveaux, dont il a imaginé la plus grande partie, et à l'aide desquels il a établi les vérités exposées dans la première partie.

Considérons chacune de ces parties plus en détail, et suivons l'auteur jusqu'à ses dernières divisions, pour faire connoître l'utilité et l'importance de son Ouvrage.

Première Partie.

En exposant, dans un Discours préliminaire, les motifs qui l'ont engagé à écrire son Ouvrage, M. Lavoisier annonce que c'est en s'occupant de la nomenclature et en développant ses idées sur les avantages et la nécessité de lier les mots aux faits, qu'il a été entraîné comme malgré

lui à faire un Traité élémentaire de Chimie; que cette nomenclature méthodique l'ayant conduit du connu à l'inconnu, cette marche, qu'il s'est trouvé forcé de suivre, lui a paru propre à guider les pas de ceux qui veulent étudier la Chimie; il pense que, quoique cette science ait encore beaucoup de lacunes et ne soit pas complète comme la Géométrie élémentaire, les faits qui la composent s'arrangent cependant d'une manière si heureuse dans la doctrine moderne, qu'il est permis de la comparer à cette dernière, et qu'on peut espérer de la voir s'approcher, de nos jours, du degré de perfection qu'elle est susceptible d'atteindre. Son but a été de ne rien conclure au-delà de l'expérience, de ne jamais suppléer au silence des faits.

C'est pour cela qu'il n'a point parlé des principes des corps, sur lesquels on a depuis si longtemps donné des idées vagues, dans les écoles et dans les ouvrages élémentaires; qu'il n'a rien dit des attractions ou affinités chimiques, qui ne sont point encore connues, suivant lui, avec l'exactitude nécessaire pour en exposer les généralités dans des élémens. Il termine ce discours en retraçant les raisons et les motifs qui ont guidé les Chimistes dans le travail de la nouvelle nomenclature, et en faisant voir quelle influence les noms exacts proposés dans ce tra-

vail, peuvent avoir sur les progrès et l'étude de la science.

La première partie qui suit immédiatement ce Discours préliminaire, comprend dix-sept chapitres.

M. Lavoisier annonce qu'il traite, dans cette première partie, de la formation des fluides aériformes et de leur décomposition; de la combustion des corps simples, et de la formation des acides. Ce titre, qui n'auroit certainement pas rappelé aux anciens Chimistes l'ensemble de leur science, le comprend cependant tout entier pour ceux qui la possèdent, et en effet, l'un de nous en traçant la marche et l'état de toutes les connoissances chimiques modernes dans quelques séances sur les fluides élastiques, a fait voir que toute la science est comprise dans l'histoire de leur développement et de leur fixation. Il est donc vrai de dire, que quoique le domaine de la Chimie ait été singulièrement agrandi par le nombre considérable de faits nouveaux qu'elle a acquis depuis quelques années, le rapprochement, la liaison et la cohérence de ces faits, peuvent en resserrer les élémens dans l'esprit de ceux qui les possèdent, et de ceux qu'une méthode exacte guide dans leurs études; si les expériences semblent effrayer l'imagination par leur nombre, les résultats sim-

ples qu'on en tire, et les données générales qu'elles fournissent, font évanouir les difficultés, et rendent le travail de la mémoire plus facile. Cette vérité sera mise dans tout son jour, par l'exposé des divers objets compris dans cette première partie de l'ouvrage de M. Lavoisier.

Le premier chapitre traite de la combinaison des corps avec le calorique ou la matière de la chaleur, et de la formation des fluides élastiques. Le calorique dilate tous les corps en écartant leurs molécules, qui tendent à se rapprocher par la force d'attraction. On peut donc considérer son effet comme celui d'une force répulsive ou opposée à l'attraction. Lorsque l'attraction des molécules est plus forte, que l'écartement ou la force répulsive communiquée par le calorique, le corps est solide ; si la force répulsive l'emporte sur l'attraction, les molécules s'écartent jusqu'à un certain point, la fusion, et enfin la fluidité élastique naissent de cet effet. Comme la diminution ou l'enlèvement du calorique permet le rapprochement des molécules des corps dont l'attraction agit alors librement, et comme on peut concevoir un refroidissement toujours croissant, beaucoup plus fort que celui que nous connoissons, et conséquemment un rapprochement proportionné dans les molécules des corps, il s'ensuit

que ces molécules ne se touchent pas, qu'il existe des intervalles entr'elles ; ces intervalles sont remplis par le calorique. On peut l'y accumuler ; c'est cette accumulation qui détruit l'attraction de ces molécules, et qui donne enfin naissance à un fluide élastique. Tous les corps liquides prendroient, à la surface du globe, cette forme de fluides élastiques, si la pression de l'air atmosphérique ne s'y opposoit pas ; c'est en raison de cette pression qu'il faut que la température de l'eau soit élevée à 80 degrés pour qu'elle se réduise en vapeur ; l'éther à 30 ou 33 degrés, l'alkool à 67. Mais les fluides supposés réduits en vapeurs par la suppression du poids de l'atmosphère, se formeroient bientôt un obstacle à eux-mêmes par leur pression.

On voit d'après cela qu'un fluide élastique ou un gaz n'est qu'une combinaison d'un corps quelconque ou d'une base avec le calorique. On voit encore que, suivant les espaces ou les intervalles compris entre les molécules des différens corps, il faudra plus ou moins de calorique pour les dilater au même point ; c'est cette différence qu'on nomme *capacité de chaleur*, et la quantité de calorique nécessaire pour élever chaque corps à la même température, se nomme chaleur ou *calorique spécifique.* Comme les corps, en se combinant au calorique, devien-

nent des fluides élastiques, l'élasticité paroît être due à la répulsion des molécules du calorique, ou plutôt à une attraction plus forte entre ces dernières, qu'entre celles des corps fluides élastiques, qui sont alors repoussées par l'effet du premier.

Ces idées simples et fondées sur des expériences exactes, conduisent l'Auteur à donner, dans le second chapitre, des vues sur la formation et la constitution de l'atmosphère de la terre; elle doit être formée des substances susceptibles de se volatiliser au degré ordinaire de chaleur qui existe sur le globe, et à la pression moyenne qui soutient le mercure à 28 pouces. La terre étant supposée à la place d'une planète beaucoup plus rapprochée du soleil, comme l'est Mercure, l'eau, le mercure même entreroient en expansion, et se mêleroient à l'air jusqu'à ce que cette expansion fût limitée par la pression exercée par ces nouveaux fluides élastiques. Si le globe étoit, au contraire, transporté à une distance beaucoup plus éloignée du soleil qu'il ne l'est, l'ean seroit solide et comme une pierre dure et transparente. La solidité, la liquidité, la fluidité élastique sont donc des modifications des corps dues au calorique. Les fluides habituellement vaporeux qui forment notre atmosphère, doivent, ou se mêler lors-

qu'ils ont de l'affinité, ou se séparer suivant l'ordre de leurs pesanteurs spécifiques, s'ils ne sont pas susceptibles de s'unir. M. Lavoisier pense que la couche supérieure de l'atmosphère est surmontée des gaz inflammables légers qu'il regarde comme la matière et le foyer des météores lumineux.

Il étoit très-naturel que ces considérations générales sur l'atmosphère de la terre fussent suivies de l'analyse de l'air qui la compose; cette analyse fait le sujet du troisième chapitre, dans lequel est consignée une des plus belles découvertes du siècle et de la Chimie moderne. La combustion du mercure dans un ballon, la perte de poids d'un sixième de l'air, l'augmentation correspondante du poids du mercure, la qualité délétère des cinq sixièmes d'air restant, la séparation de l'air de la chaux de mercure fortement échauffée, la pureté de celui-ci, la recomposition de l'air semblable à celui de l'atmosphère par l'addition de cette partie tirée du mercure à celle restée dans le ballon, la chaleur vive et la flamme brillante dégagée de l'air par le fer qu'on y brûle, suffisent à M. Lavoisier pour prouver que l'air atmosphérique est un composé de deux fluides élastiques différens, l'un respirable, l'autre non respirable, que le premier forme 0,27, et le second 0,73.

Dans le quatrième chapitre, ce Savant expose les noms donnés à ces deux gaz qui composent l'air atmosphérique, et les raisons qui les ont fait proposer; le premier porte, comme on sait, le nom d'*air vital*, et de *gaz oxygène*, et le second celui de *gaz azote*.

La quantité des deux principes de l'atmosphère étant connue, la nature du gaz oxygène occupe ensuite M. Lavoisier. Le cinquième chapitre est destiné à l'examen de la décomposition du gaz oxygène ou air vital par le soufre, le phosphore, le charbon et de la formation des acides. Cent grains de phosphore brûlés dans un ballon bien plein d'air vital, absorbent 154 grains de cet air ou de sa base, et forment 254 grains d'acide phosphorique concret. Vingt-huit grains de charbon absorbent 72 grains d'air vital, et forment 100 grains d'acide carbonique. Le soufre en absorbe plus que son poids, et devient acide sulfurique. La base de cet air a donc la propriété, en se combinant avec ces trois corps combustibles, de les convertir en acides; de-là le nom d'oxygène donné à cette base de l'air vital, et celui d'oxygénation donné à l'opération par laquelle cette base se fixe.

La nomenclature des différens acides forme le sujet du sixième chapitre; le nom général d'acide désigne la combinaison avec l'oxygène;

les noms particuliers appartiennent aux bases différentes unies à l'oxygène. Le soufre forme l'acide sulfurique, le phosphore l'acide phosphorique, le carbone ou charbon pur l'acide carbonique. La terminaison variée dans ces mots exprime la proportion d'oxygène; ainsi le soufre combiné avec peu d'oxygène et dans l'état d'un acide foible, donne l'acide sulfureux, tandis qu'une plus grande proportion de ce principe acidifiant, forme l'acide sulfurique. Nous n'insisterons pas davantage sur les principes de cette nomenclature, qui sont déjà bien connus de la Société. M. Lavoisier donne, à la fin de ce chapitre, les proportions d'azote et d'oxygène qui constituent l'acide du nitre en différens états, comme l'a découvert M. Cavendish.

Il parle, dans le septième chapitre, de la décomposition du gaz oxygène par les métaux. On sait que ces corps combustibles absorbent la base de l'air vital plus ou moins facilement, et à des températures plus ou moins élevées; mais comme l'affinité de ces corps pour l'oxygène est en général rarement plus forte que celle de celui-ci pour le calorique, les métaux s'y combinent plus ou moins difficilement. Les composés des métaux et d'oxygène n'étant pas des acides, on a proposé le nom d'oxides pour les

désigner, au lieu de celui de chaux, qui étoit équivoque, et fondé sur une fausse analogie. M. Lavoisier donne les détails de cette nomenclature à la fin de ce chapitre.

Il traite, dans le huitième, du principe radical de l'eau et de la décomposition de ce fluide par le charbon et le fer. L'eau que l'on fait passer à travers un tube de verre ou de porcelaine rougi au feu, se réduit seulement en vapeur, sans éprouver d'altération. En passant à travers le même tube chargé de 28 grains de charbon, il y a 85 grains d'eau changée de nature, et le charbon disparoît. On obtient 100 grains ou 144 pouces d'acide carbonique, qui contiennent, outre les 28 grains de carbone, 72 grains d'oxygène, provenant nécessairement de l'eau, puisqu'aucun autre corps n'a pu le lui fournir; ce gaz acide carbonique est mêlé de 13 grains ou 380 pouces cubes de gaz inflammable; ces 13 grains ajoutés aux 72 grains d'oxygène enlevé par le carbone, font les 85 grains d'eau qui manquent; et en effet, en brûlant dans un appareil fermé 85 grains d'air vital et 15 de gaz inflammable, on a 100 grains d'eau. L'eau est donc composée de ces deux principes. L'oxigène est déjà connu par les détails précédens; la base du gaz inflammable a été nommée *hydrogène*, ou principe radical de l'eau; M. Lavoisier en

décrit les propriétés, et sur-tout celles qu'il a dans l'état de gaz.

Le neuvième chapitre contient des détails absolument neufs sur la quantité de calorique qui se dégage dans la combustion de différens corps combustibles, ou, ce qui est la même chose en d'autres termes, pendant la fixation de l'air vital ou gaz oxygène. Pour bien concevoir l'objet de cet article important, rappelons que l'air vital est, comme tous les autres fluides élastiques, une base solidifiable unie à du calorique; que ce gaz ne peut se fixer, ou sa base devenir solide dans les combinaisons où elle entre, qu'en perdant le calorique qui la tenoit écartée et divisée en fluide élastique. Cela posé, il est clair qu'en partant d'une expérience où l'air vital paroît laisser déposer sa base la plus solide possible en perdant tout le calorique qu'il contient, on aura une mesure à peu de chose près exacte de la quantité absolue de calorique contenu dans une quantité donnée de gaz oxygène. Mais comment mesurer cette chaleur. M. Lavoisier s'est servi, pour cela, d'un appareil ingénieux, dont la première idée est due à M. Wilcke, Physicien anglais, mais qui a été changé et bien perfectionné par M. de la Place. Ce sont des enveloppes de tôle garnies de glace, et laissant un espace vide dans lequel on fait les expériences de combus-

tion, absolument comme dans une sphère de glace assez épaisse pour que la température extérieure n'influe en aucune manière sur sa cavité intérieure. Le calorique se sépare pendant la fixation de l'oxygène, fond une partie de cette glace, proportionnelle à la quantité qui s'en dégage. En opérant ainsi la combustion du phosphore, M. Lavoisier a vu qu'une livre de ce combustible fond 100 livres de glace, en absorbant une livre 8 onces d'air vital; et comme l'acide phosphorique concret qui résulte de cette combustion, paroît contenir l'oxygène le plus solide et le plus séparé de calorique, il en conclut que, dans l'état d'air vital, une livre d'oxygène contient une quantité de calorique suffisante pour fondre 66 livres 10 onces 5 gros 24 grains de glace à zéro. En partant de cette expérience, M. Lavoisier a trouvé qu'une livre de charbon absorbant 2 livres 9 onces 1 gros 10 grains d'oxygène, et ne faisant fondre que 96 liv. 8 onces de glace, tout le calorique contenu dans cette quantité d'air vital, n'est pas dégagé, puisqu'il se seroit fondu 171 livres 6 onces 5 gros de glace; la différence de cette quantité de calorique, c'est-à-dire, une quantité capable de fondre 74 livres 14 onces 5 gros de glace, est employée à tenir sous forme de gaz 3 livres 9 onces 1 gros 10 grains d'acide carbonique, produit

dans cette opération. La combustion du gaz hydrogène brûlé dans l'appareil de glace, lui a présenté le résultat suivant relativement au dégagement du calorique. Une livre de ce gaz absorbe 5 livres 10 onces 5 gros 24 grains d'air vital en brûlant ; il se dégage dans cette combustion une quantité de calorique capable de faire fondre 295 livres 9 onces 3 gros et demi de glace; or, comme cette dose d'air vital auroit donné, si on l'avoit fait servir à la combustion du phosphore, où l'oxigène paroît être le plus solide possible, une quantité de calorique suffisante pour fondre 377 livres 12 onces 3 gros de glace, il s'ensuit que la différence de ces deux quantités de calorique, qui est exprimée par celle de 82 livres 9 onces 7 gros et demi de glace fondue, reste dans l'eau à zéro de température, et que chaque livre de ce liquide à cette température, contient dans la portion d'oxygène qu fait un de ses principes, une quantité de calorique capable de fondre 12 livres 5 onces 2 gros 48 grains de glace. M. Lavoisier a trouvé par les mêmes expériences, la quantité de calorique contenu dans l'oxygène de l'acide nitrique, et celle qui se dégage dans la combustion de la cire et de l'huile ; et si ces recherches avoient été suivies avec un soin égal sur la quantité de calorique que chaque métal dégage de l'air vital en

absorbant l'oxygène, ou en se calcinant, cette appréciation seroit, comme le dit M. Lavoisier à la fin de ce chapitre, d'une grande utilité pour l'explication de beaucoup de phénomènes chimiques.

L'auteur décrit dans le dixième chapitre la nature générale des combinaisons des substances combustibles déjà examinées dans les chapitres précédens, les unes avec les autres. Les alliages des métaux, les dissolutions du soufre, du phosphore, du charbon dans le gaz hydrogène, l'union du carbone et de l'hydrogène qui constitue les huiles en général, sont indiqués successivement. Dans ce chapitre, comme dans tous les précédens, on trouve des vues neuves sur l'union encore inconnue de plusieurs substances combustibles entr'elles.

Dans tous les chapitres précédens qui ont pour objet la décomposition de l'air vital, l'absorption de l'oxygène par les corps combustibles et les phénomènes de leur combustion et de leurs produits, il n'est question que des substances combinées une à une avec l'oxygène. Le deuxième chapitre présente les combinaisons de ce principe acidifiant avec plusieurs bases à-la-fois, conséquemment des oxides et des acides à plusieurs bases, et de la composition des matières végétales et animales. On

reconnoît

reconnoît par la lecture de ce chapitre la clarté des principes de la Chimie moderne, et en même temps la richesse de la nature dans la variété des composés qu'elle forme avec très-peu d'élémens. L'analyse la plus exacte prouve que l'hydrogène et le carbone privés de la plus grande quantité de leur calorique et unis ensemble dans des proportions différentes, à des quantités diverses d'oxygène, constituent les matières végétales. M. Lavoisier range ces matières parmi les oxides, lorsque la quantité d'oxygène est trop peu abondante pour leur donner le caractère acide, ou parmi les acides, lorsque ce principe y est plus abondant. Le phosphore et l'azote font quelquefois partie de ces composés ; et alors, ils se rapprochent des matières animales. Ainsi trois ou quatre corps simples unis en différentes proportions et dans différens états de pression ou de privation de calorique, suffisent à la chimie moderne pour rendre raison de la diversité des matières végétales, oxides et acides ; et en y ajoutant l'azote, le phosphore et le soufre, les composés plus compliqués qui en résultent, donnent une idée exacte de la nature des substances animales, oxides ou acides. M. Lavoisier fait voir qu'on pourroit, suivant les règles de la nouvelle Nomenclature, désigner les principales espèces des

matières végétales composées d'hydrogène, de carbone et d'oxygène, soit oxides, soit acides; mais la nécessité d'associer trop de mots pour désigner ces composés, formeroit un langage barbare, et l'auteur préfère les noms des treize acides végétaux et des six acides animaux, adoptés dans la nouvelle nomenclature. Il termine ce chapitre par le dénombrement de ces acides.

Ces principes aussi clairs que simples sur la composition des substances végétales et animales, conduisent M. Lavoisier à faire connoître avec une égale clarté dans le douzième chapitre, la décomposition de ces matières par le feu. Des trois principes les plus abondans qui les constituent, l'hydrogène et l'oxygène tendent à prendre la forme de gaz par leur combinaison avec le calorique; le troisième ou le carbone n'a pas la même propriété. Une chaleur au-dessus de celle où ces principes restent en équilibre, doit donc détruire cet équilibre. A une température supérieure à celle de l'eau bouillante, l'oxygène s'unit à l'hydrogène, et forme de l'eau qui se dégage; une partie du carbone unie séparément à l'hydrogène, forme de l'huile; une autre se précipite seule. Une chaleur beaucoup plus forte, comme celle qu'on nomme chaleur rouge, sépare ces principes dans un autre ordre, décompose même l'huile formée par la première

chaleur, et réduit entièrement les matières végétales à de l'acide carbonique, à de l'eau et à une partie de charbon isolée. L'azote, le phosphore et le soufre ajoutés à ces premiers principes dans les matières animales compliquent cet effet du feu, et donnent naissance à l'ammoniaque que ces matières fournissent dans leur distillation. Tous ces phénomènes ne tiennent qu'à des changemens de proportions dans l'union des principes, et à leur diverse affinité pour le calorique.

Des changemens également simples ont lieu dans les fermentations vineuse, putride et acéteuse, dont M. Lavoisier expose avec soin les phénomènes dans les chapitres 13, 14 et 15. Ces opérations naturelles paroissoient autrefois inexplicables aux Chimistes, et il n'y a pas plus de quinze ans qu'on désespéroit encore d'en apprécier la cause. M. Lavoisier, par des procédés ingénieux, est parvenu à prouver que dans la fermentation vineuse, la matière sucrée qu'il regarde comme un oxide, et qui est formée, suivant ses recherches, de 8 parties d'hydrogène, 28 de carbone et 64 d'oxygène, sur cent parties de cette matière, est séparée en deux portions (par le changement et le partage seul de l'oxygène entre les deux bases oxidables), une grande partie du carbone prend plus d'oxygène en se

séparant de l'hydrogène, et se convertit en gaz acide carbonique qui se dégage pendant cette fermentation, tandis que l'hydrogène privé de l'oxygène, et uni à un peu de carbone et à l'eau ajoutée, constitue l'alkool. Ainsi la nature change par cette fermentation des combinaisons ternaires en combinaisons binaires. Un effet analogue a lieu dans la putréfaction. Les cinq substances simples et combustibles qui forment les bases oxidables et acidifiables des matières animales, l'hydrogène, le carbone, l'azote, le soufre et le phosphore, et qui sont unies en différentes proportions à l'oxygène, se dégagent peu à peu en gaz hydrogène sulfuré, carboné, phosphoré, en gaz azote, en gaz acide carbonique, et en gaz ammoniaque. La fermentation acéteuse ne consiste que dans l'absorption de l'oxygène qui y porte plus de principe acidifiant. Il semble que l'acide carbonique n'ait besoin que d'hydrogène pour devenir acide acéteux, puisqu'en effet, ôtez ce dernier principe au vinaigre, il passe à l'état d'acide carbonique. Quoique cette théorie de la putréfaction et de l'acétification paroisse presqu'aussi simple que celle de la fermentation vineuse, M. Lavoisier convient que la Chimie n'est pas aussi avancée dans la connoissance de ces deux phénomènes, que dans celle du premier.

Dans le seizième chapitre, l'auteur considère la formation des sels neutres et les bases de ces sels. Les acides dont M. Lavoisier a exposé la nature dans les premiers chapitres, peuvent se combiner avec quatre bases terreuses, trois bases alkalines et dix-sept bases métalliques. Il expose succinctement l'origine, l'extraction et les principales propriétés de la potasse, de la soude, de l'ammoniaque, de la chaux, de la magnésie, de la baryte et de l'alumine; ces matières, si l'on en excepte l'ammoniaque, sont les moins connues de tous les corps naturels; et quoique, d'après quelques expériences, on pense qu'elles sont composées, on n'en a point encore séparé les élémens; aussi M. Lavoisier n'en parle-t-il que très-brièvement. Il termine cet exposé, en annonçant qu'il est possible que les alkalis fixes se forment pendant la combustion des substances végétales à l'air. L'un de nous a déjà fait présumer dans plusieurs mémoires et dans ses leçons, que l'azote, qu'il a considéré comme principe des alkalis ou comme *alkaligène*, pourroit bien se précipiter de l'atmosphère dans les substances végétales qu'on brûle dans l'atmosphère. Alors l'air atmosphérique seroit un réservoir des principes acidifiant et alkalifiant, où la nature puiseroit sans cesse ces principes pour les fixer dans des bases,

et produire les diverses matières salines, acides et alkalines. Mais cette assertion, loin d'être une vérité démontrée, ne doit être regardée que comme une hypothèse, jusqu'à ce que les expériences dont on s'occupe en ce moment dans plusieurs laboratoires, aient permis de prononcer.

Le chapitre dix-septième et dernier de cette première partie de l'ouvrage de M. Lavoisier, contient une suite de réflexions sur la formation des sels neutres, et sur leurs bases qu'il nomme salifiables. Il y fait voir que les terres et les alkalis s'unissent aux acides sans éprouver d'altération, et qu'il n'en est pas de même des métaux. Aucun de ces corps ne peut se combiner avec les acides sans s'oxygéner; ils enlèvent l'oxygène, soit à l'eau dont ils séparent l'hydrogène en gaz, soit aux acides eux-mêmes dont ils volatilisent une portion de la base unie à une portion d'oxygène. De ce dégagement naît l'effervescence qui accompagne la dissolution des métaux dans les acides. On pourroit peut-être desirer dans ce chapitre des détails plus étendus sur les dissolutions métalliques; mais M. Lavoisier vouloit mettre une grande précision dans cette partie de son Ouvrage, et celle qu'il y a mise en effet, en rend la marche plus rapide sans nuire à la clarté des principes qui y sont

exposés. Ce chapitre est terminé par un dénombrement des quarante-huit substances simples qui peuvent être oxidées et acidifiées dans différens états, en y comprenant les dix-sept substances métalliques, qu'il croit devoir aussi considérer comme des acides, lorsqu'elles sont portées à un grand degré d'oxygénation. Il résulte de ce dénombrement que quarante-huit acides qui peuvent être unis à vingt-quatre bases terreuses, alkalines et métalliques, donnent 1152 sels neutres, dont la nature et les propriétés n'auroient jamais été connues avec précision si, comme l'observe M. Lavoisier, on avoit continué à leur donner des noms, ou impropres, ou insignifians, comme on l'avoit fait à l'époque des premières découvertes de Chimie, et qui cependant peuvent être placés avec ordre dans la mémoire, à l'aide de la nouvelle nomenclature.

Tels sont les faits, tel est l'ordre qui les lie, telles sont les conséquences qui en découlent naturellement, consignés dans la première partie de ce Traité élémentaire. Nous les avons fait connoître assez en détail, pour que la Société pût apprécier l'ensemble du travail de M. Lavoisier, et le comparer à ce qu'étoit encore la science chimique il y a vingt ans. On a pu y voir qu'à l'aide des expériences modernes, les

élémens de cette science sont aujourd'hui beaucoup plus faciles à saisir qu'ils n'étoient autrefois, parce que tout se réduit à concevoir les effets généraux du calorique, à distinguer les matières simples, bases de toutes les combinaisons possibles, à considérer leur union avec l'oxygène; c'est presque sur ces trois faits généraux que sont fondés les détals contenus dans la première partie. En y ajoutant les attractions de l'oxygène pour les différens corps, les décompositions qui résultent des effets de ces attractions, on auroit l'ensemble complet de ces Elémens. Mais M. Lavoisier a omis cet objet à dessein, et nous avons exposé ailleurs les raisons qui l'ont déterminé à prendre ce parti.

Seconde Partie.

Après avoir rendu un compte exact de la marche nouvelle que M. Lavoisier a suivie dans la première partie, qui constitue seule les élémens de la science, il ne sera pas nécessaire d'entrer dans des détails aussi étendus pour faire connoître les deux autres parties.

La seconde est entièrement destinée à présenter dans des tableaux les combinaisons salines neutres, ou les composés de deux mixtes, car on se rappellera facilement que les acides sont

des mixtes formés de bases unies à l'oxygène, les oxides métalliques également formés de l'oxygène uni aux métaux, et enfin les terres et les alkalis vraisemblablement des composés. Mais pour rendre cette seconde partie plus complète, M. Lavoisier a mis avant les tableaux des sels neutres, dix tableaux qui offrent les combinaisons simples dont il a été parlé dans la première partie, et qui sont destinés à servir de résumé à cette première partie. On trouve dans ces dix tableaux, 1°. les substances simples, ou au moins celles que les Chimistes ne sont pas parvenus à décomposer, au nombre de 33, savoir, la lumière, le calorique, l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, le soufre, le phosphore, le carbone, le radical muriatique, le radical fluorique, le radical boracique, les dix-sept substances métalliques, la chaux, la magnésie, la baryte, l'alumine et la silice; 2°. les bases oxidables et acidifiables, composées au nombre de 20, qui comprennent le radical nitro-muriatique, les radicaux des douze acides végétaux, et ceux des sept acides animaux; 3°. les combinaisons de l'oxygène avec les substances simples; 4°. les combinaisons des vingt radicaux composés avec l'oxygène; ou les acides nitro-muriatiques, les douze acides végétaux, et les sept acides animaux; 5°. les com-

binaisons binaires de l'azote avec les substances simples: M. Lavoisier nomme celles de ces combinaisons qui ne sont pas connues, des *azotures;* 6°. les combinaisons binaires de l'hydrogène avec les mêmes substances simples: M. Lavoisier désigne par le nom d'*hydrures* celles de ces combinaisons qui n'ont point été examinées; 7°. les combinaisons binaires du soufre avec les corps simples; excepté les acides sulfurique et sulfureux, toutes ces combinaisons sont des sulfures; 8°. celles du phosphore avec les mêmes corps; tels sont l'oxide de phosphore, les acides phosphoreux et phosphorique, et les phosphures; 9°. celles du carbone avec les substances simples, savoir l'oxide de carbone, l'acide carbonique et les carbures; 10°. enfin celles de quelques autres radicaux avec les substances simples. A ces tableaux sont jointes des observations dans lesquelles M. Lavoisier donne l'explication, et retrace sous de nouveaux points de vue, une partie des faits consignés dans la première partie.

Les tableaux des sels neutres sont au nombre de trente-quatre; on y trouve successivement les nitrites, les nitrates, les sulfates, les sulfites, les phosphites, les phosphates, les carbonates, les muriates, les muriates oxygénés, les nitro-muriates, les fluates, les borates, les

arséniates, les molybdates, les tunstates, les tartrites, les malates, les citrates, les pyrolignites, les pyrotartrites, les pyromucites, les oxalates, les acétites, les acétates, les succinates, les benzoates, les camphorates, les gallates, les lactates, les saccholates, les formiates, les bombiates, les sébates, les lithiates et les prussiates. Le nombre de chaque classe de ces sels neutres contenus dans ces tableaux, est presque dans tous de vingt-quatre. M. Lavoisier a eu soin de disposer ces sels suivant l'ordre connu des affinités de leurs bases pour les acides. Comme la plupart de ces acides sont nouvellement découverts, l'auteur a joint à chaque tableau des observations sur la manière de préparer ces sels, sur l'époque de leurs découvertes, sur les chimistes à qui elles sont dues, et souvent même sur la comparaison de leur nature et de leurs propriétés. M. Lavoisier n'a point eu l'intention d'offrir, dans cette seconde partie, une histoire des sels neutres; il n'a rien dit de la forme, de la saveur, de la dissolubilité, de la décomposition des sels neutres, ni de la proportion et de l'adhérence de leurs principes. Ces détails, que l'on trouve dans les Elémens de Chimie de l'un de nous, n'entroient point dans le plan de M. Lavoisier; son but étoit de présenter une

esquisse rapide de ces combinaisons, et il est très-bien rempli par les tableaux et par les courtes notices qui les accompagnent.

Troisième Partie.

La troisième partie, qui a pour titre : *Description des appareils et des opérations manuelles de la chimie*, montre, aussi bien que les deux premières, combien la science a acquis de moyens, et la différence qui existe entre les expériences que l'on fait aujourd'hui et celles que l'on faisoit autrefois. M. Lavoisier a rejeté cette description à la fin, parce que les détails qu'elle exige, auroient détourné l'attention et trop occupé l'esprit des lecteurs, si elle avoit été placée avec la théorie, et parce que d'ailleurs elle suppose des connoissances qu'on n'a pu acquérir qu'en lisant les deux premières parties. Quoique M. Lavoisier l'ait présentée comme une explication des planches qu'on place ordinairement à la fin d'un ouvrage, nous y avons trouvé une méthode descriptive très-claire, et des observations intéressantes sur l'usage des instrumens et sur les phénomènes que présentent les corps qu'on soumet à leur action. Sans prétendre donner ici un extrait de cette troisième partie, qui n'en est pas susceptible, nous

nous bornerons à offrir un léger apperçu des principaux objets contenus dans les huit chapitres qui la composent.

Le premier traite des instrumens nécessaires pour déterminer le poids absolu et la pesanteur spécifique des corps solides et fluides ; telles sont les balances exactes de différentes sensibilités, depuis celles où l'on pèse 50 à 60 livres, jusqu'à celles qui trébuchent à 512e de grain (M. Lavoisier y propose des poids en fractions décimales de la livre, au lieu des divisions de la livre en onces, gros et grains) ; tels sont encore la balance hydrostatique, les aréomètres, sur-tout celui dont se sert M. Lavoisier, et qui lui est particulier.

Dans le chapitre second, sont décrits les instrumens propres à mesurer les gaz, les cuves pneumato-chimiques à l'eau et au mercure, les différens récipiens, le ballon à peser les gaz, la machine construite par les soins de M. Lavoisier, pour mesurer le volume et connoître la quantité des gaz suivant la pression et la température qu'ils éprouvent. M. Lavoisier nomme cette ingénieuse machine *gazomètre.*

Le chapitre III est destiné à la description d'un instrument imaginé par M. de la Place, pour déterminer la chaleur spécifique des corps et la quantité de calorique qui se dégage dans

les combustions, dans la respiration des animaux et dans toutes les opérations de la chimie. Cette utile machine, dont nous avons déjà indiqué les avantages dans la première partie, est nommée *calorimètre* par M. Lavoisier.

On trouve exposés, dans le quatrième chapitre, les instrumens dont on se sert dans les simples opérations mécaniques de la chimie, telles que la trituration, la porphyrisation, le tamisage, le lavage, la filtration et la décantation.

Le cinquième chapitre contient la description des moyens et des instrumens qu'on emploie pour opérer l'écartement ou le rapprochement des molécules des corps; tels sont les vases destinés à la solution des sels, à la lixiviation, à l'évaporation, à la cristallisation, et à la distillation simple, ou évaporation en vaisseaux clos.

M. Lavoisier décrit, dans le sixième chapitre, les instrumens qui servent aux distillations composées et pneumato-chimiques, et sur-tout les appareils de Woulfe, variés de beaucoup de manières; ceux qu'on emploie dans les dissolutions métalliques; ceux qu'il a imaginés pour recueillir les produits des fermentations vineuse et putride, pour la décomposition de l'eau. Il y

joint une histoire de différens luts et de leurs diverses utilités.

Les détails contenus dans le septième chatre, font connoître les appareils dont ce physicien s'est servi avec succès pour connoître avec exactitude les phénomènes qui ont lieu dans la combustion du phosphore, du charbon, des huiles, de l'alkool, de l'éther, du gaz hydrogène, et conséquemment dans la recomposition de l'eau, ainsi que dans l'oxidation des métaux.

Enfin le huitième et dernier chapitre de l'ouvrage traite des instrumens et des procédés propres à exposer les corps à de hautes températures; il y est question de la fusion, des creusets, des fourneaux, de la théorie de leur construction, du moyen d'augmenter considérablement l'action du feu, en substituant à l'air atmosphérique l'air vital ou gaz oxygène.

Quand ces détails ne seroient que des descriptions simples des machines auxquelles la chimie doit toutes ses nouvelles connoissances, ils n'en seroient pas moins utiles, et on n'en auroit pas moins d'obligation à M. Lavoisier, pour avoir publié des procédés et des appareils trop peu connus, même d'une partie de ceux qui professent aujourd'hui la chimie, comme l'a dit l'auteur. Mais ce n'est point seulement une

description sèche et aride que présente cette troisième partie ; on y décrit l'usage des diverses machines, on y fait connoître la manière de s'en servir, et les phénomènes qu'elles offrent à l'observateur ; souvent même des points particuliers de la théorie générale exposée dans tout l'ouvrage, portent un jour éclatant sur le résultat des opérations auxquelles servent ces instrumens. On peut considérer cette troisième partie comme une histoire des principaux appareils nécessaires aux opérations de la chimie moderne, et sans lesquels on ne pourroit plus espérer de faire faire des progrès à cette science.

Les planches placées à la fin de l'ouvrage, ont été gravées avec soin par la personne qui nous a déjà donné la traduction de Kirwan, et qui sait allier la culture des lettres à celle des arts et des sciences.

L'ouvrage est terminé par des tables où sont exposées la pesanteur du pied cube des différens gaz, la pesanteur spécifique d'un grand nombre de corps naturels, les méthodes pour convertir les fractions vulgaires en fractions décimales et réciproquement, des moyens de correction pour la pesanteur des gaz relativement à la hauteur du mercure dans le baromètre et dans le thermomètre. Ces tables deviennent

viennent aujourd'hui aussi nécessaires aux chimistes pour obtenir des résultats exacts dans leurs expériences, que le sont les tables de logarithmes aux géomètres et aux astronomes, pour l'exactitude et la rapidité de leurs calculs.

Nous pensons que l'ouvrage de M. Lavoisier mérite l'approbation de la Société, et d'être imprimé sous son privilége.

Au Louvre, le 6 février 1789.

Signé, DE HORNE et DE FOURCROY.

La Société royale de Médecine ayant entendu, dans sa séance tenue au Louvre le 6 du présent mois, la lecture du rapport ci-dessus, en a entièrement adopté le contenu.

Ce que je certifie véritable. Ce 7 février 1789.

Signé, VICQ-D'AZYR, secrétaire perpétuel.

EXTRAIT des Registres de la Société royale d'Agriculture.

Du 5 février 1789.

NOUS avons été chargés par la Société royale d'Agriculture, M. de Fourcroy et moi, de lui rendre compte d'un Traité élémentaire de Chimie, par M. Lavoisier.

Des savans de l'Europe, l'un de ceux qui a le plus contribué à l'heureuse révolution que la chimie pneumatique a éprouvée de nos jours, c'est, sans contretredit, M. Lavoisier. Les Mémoires importans qu'il a publiés depuis quinze ans, les faits brillans dont on lui est spécialement redevable, toutes les expériences connues qu'il a vérifiées avec un zèle infatigable, l'élégance et la précision des appareils qu'il a imaginés, la théorie nouvelle enfin sur laquelle il a singulièrement influé, et qu'on peut vraiment regarder comme lui étant propre, faisoient desirer que M. Lavoisier réduisît ces nombreux matériaux en un corps d'ouvrage, et sur-tout qu'il en fît un ouvrage élémentaire : il étoit difficile de mieux remplir ce voeu.

Ce Traité peut servir à l'étude de la chimie

par la méthode et l'ordre qui y règnent; quant au chimiste déjà familiarisé avec la science, il y trouvera les faits réunis et classés, ainsi que de grandes vues sur le système de notre atmosphère, de la végétation, de l'animalisation, &c. ce qui offre une vaste carrière à ses recherches.

La chimie recule de jour en jour ses bornes; elle embrasse maintenant toutes les sciences physiques, et l'agriculture est peut-être une de celles qui aura le plus à s'applaudir des succès de la chimie, l'analyse étant le seul moyen de conduire sûrement à la connoissance des terres, des amendemens et des engrais : enfin la chimie pneumatique peut seule expliquer les grands phénomènes de la végétation, la formation des différens principes des végétaux, l'étiolement des plantes, &c. c'est elle qui nous a fait connoître cette double émission d'un gaz homicide et d'un gaz vital.

Dans le petit nombre d'ouvrages qui ont été récemment publiés sur la chimie, tout étant neuf, la nomenclature, les faits, l'application de la méthode des géomètres à ces mêmes faits, et la théorie entière, l'analyse d'un pareil Traité seroit une tâche longue et difficile à remplir; nous nous bornerons donc à des réflexions sur ce nouvel ordre de choses, qui,

au milieu de beaucoup de prosélytes, a encore quelques détracteurs.

On peut établir comme vérité qu'il n'y a pas d'art mécanique, le dernier de tous, dont la nomenclature ne soit moins vicieuse, moins *insignifiante*, que ne l'étoit celle de l'ancienne chimie. Pas un mot dans l'ancienne langue chimique qui n'ait été enfanté par l'amour du mystère, et quelquefois même par le charlatanisme. Glauber, Stahl, emportés par le torrent et l'espèce de mode régnante alors, introduisent, l'un, *son sel admirable*, l'autre, *son double arcane*. Un mot neuf, mot qui n'a aucune acception, peut en recevoir une, il n'en est pas de même d'un mot dejà usité.

Il falloit donc une langue nouvelle pour une nouvelle science, des mots nouveaux pour de nouveaux produits; enfin, il falloit créer des expressions pour les phénomènes que créoit journellement la chimie. Il importoit sur-tout que cette nomenclature fût raisonnée, que le mot fixât l'idée, et que, semblable à la langue des Grecs et des Latins, les augmentatifs, les privatifs, et le changement de terminaison devinssent autant de moyens de faire naître des idées accessoires et précises, et c'est l'objet que remplissent, par exemple, les mots *soufre, sulfate, sulfite, sulfure.* Tel est le but qu'ont

rempli les savans qui se sont réunis pour former cette nouvelle nomenclature, et le Traité de M. Lavoisier la rend très-intelligible.

Rien de plus imposant dans l'ouvrage de M. Lavoisier que ce nombre d'expériences ingénieuses, dont beaucoup lui appartiennent, toutes présentées avec cette précision mathématique, inconnue avant cette époque, que Rouelle avoit devinée, et qui, soumettant l'analyse à la rigueur du calcul, fait le complément de la science, en rendant la recomposition des corps aussi facile que leur décomposition.

L'ancienne chimie parvenoit bien quelquefois à la synthèse: elle décomposoit et recomposoit l'alun, les vitriols, les sels neutres en général, elle minéralisoit et revivifioit les métaux; mais l'eau, mais l'air échappoient à son analyse. Elle les regardoit comme des corps simples et élémentaires, il étoit réservé à la chimie pneumatique de leur faire subir la double loi de la décomposition et de la recomposition.

Il nous reste à parler de la théorie, puisque nous sommes restreints à des généralités. Cette théorie pose sur une grande masse de faits, qui lui forment un rempart solide où elle paroît inattaquable: elle ne le seroit pas, sans doute, si elle prétendoit tout expliquer, mais elle sait s'arrêter quand les faits lui manquent, ou qu'ils

sont en trop petit nombre pour consolider de nouveaux points de doctrine. Tel est le caractère de sagesse qui la distingue de l'ancienne théorie, qui expliquoit tout de dix manières différentes, parce qu'au défaut de routes, il faut se pratiquer des sentiers. Dans la théorie actuelle, les faits s'enchaînent ; chaque proposition est étayée d'expériences qui se pressent, et on paroît réduit à ne pouvoir pas en tirer d'autres conséquences que celles que présente cette même théorie.

Nous pensons donc que cet ouvrage, dont plusieurs chapitres sont immédiatement applicables à la physique végétale, mérite l'approbation de la Société royale d'Agriculture.

Signé, DE FOURCROI et CADET DE VAUX.

Je certifie cet extrait conforme à l'original et au jugement de la Société.

A Paris, ce 6 février 1789.

Signé, BROUSSONNET, secrétaire perpétuel.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

A

C

E

F

H

I

L

M

O

R

S

T

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET.



Fautes à corriger, et Additions.

Page 75, *ligne* 14, dans un ballon *e*; *lisez*, dans le ballon *cb*.

— 78, — 6, à mesure que l'acide passe; *ajoutez*, une partie se condense dans le ballon, l'autre est absorbée par l'eau.

Page 133, *ligne pénul. et dern.* ainsi les végétaux ne contiennent ni huile, ni eau, ni acide carbonique, *ajoutez la note suivante au bas de la page.*

Nota. On conçoit que je suppose ici des végétaux réduits à l'état de dessication parfaite, et qu'à l'égard de l'huile, je n'entends pas parler des végétaux qui en fournissent, soit par expression à froid, soit par une chaleur qui n'excède pas celle de l'eau bouillante. Il n'est ici question que de l'huile empyreumatique qu'on obtient par la distillation à feu nu, à un degré de feu supérieur à l'eau bouillante. C'est cette huile seule que j'annonce être un produit de l'opération. On peut voir ce que j'ai publié à cet égard dans le volume de l'académie, année 1786.

Page 146, *lignes* 16 et 17, 397 livres 9 onces 29 grains; *lisez*, 460 livres 11 onces 6 gros 53 grains

— 196, — 8, tartarique; *lisez*, tartareux
— *ibid.* — 11, pyrolignique; *lisez*, pyroligneux
— *ibid.* — 12, pyromucique; *lisez*, pyromuqueux
— *ibid.* — 13, pyrotartarique; *lisez*, pyrotartareux
— *ibid.* — 15, acétique; *lisez*, acéteux
— 254, — *supprimez du tableau*, muriate oxygéné d'ammoniaque, *attendu que cette combinaison n'existe pas.*

Collection des Arts et Métiers publiés ou approuvés par l'Académie des Sciences; édition originale faite sous les yeux des Auteurs, formant environ 90 volumes ou cahiers, grand *in-fol.* avec une très-grande quantité de planches en taille-douce. Prix............ 500 francs.

A Paris, chez Deterville, *Libraire, rue du Battoir, n°. 16, quartier de l'Odéon.*

L'on vend separément les Arts suivans:

	f.	c.
Amidonnier, par Duhamel. Prix.	4	
Ancres, (fabrique des) par Réaumur et Duhamel.	2	
Ardoisier, par Fougeroux de Bondaroy.	4	
Bourrelier et Sellier, par Garsault.	10	
Brodeur, par Saint-Aubin.	5	
Cartier, par Duhamel du Monceau.	4	
Cartonnier, par Lalande *.	4	
Chamoiseur, par le même.	4	
Chandelier, par Duhamel *.	6	
Chapelier, par Nollet.	6	
Charbonnier, par Duhamel.	2	50
Charbon de bois, (supplément) par le même.	1	
Charbon de terre, par Morand, Partie I. (Mines) *.	18	
Idem. Partie II, (de l'extraction, de l'usage et du commerce du charbon de terre).	24	
Idem. Partie II, section 3, (exploitation, commerce et usage du charbon de terre).	17	
Idem. Partie II, section 4, (Art d'exploiter les mines).	15	
Idem. Partie II, suite de la section 4, (Différentes manières d'employer le charbon de terre).	17	
Idem. Table des matières, qui peut servir de dictionnaire; suivie des opérations pour fondre le fer avec les braises de charbon de terre.	10	
Chaufournier, par Lalande.	7	50
Cirier, par Duhamel du Monceau.	7	
Colles, (Art de faire les) par Duhamel *.	4	
Cordonnier, par Garsault.	4	
Corroyeur, par Lalande.	4	50
Coutelier, par Perret, Partie I, (de la coutellerie proprement dite).	27	
Idem. Instrumens de chirurgie, Partie II, section 1.	21	
Idem. Partie II, section 2, instrumens de chirurgie.	21	
Coutelier en ouvrages communs, par Fougeroux.	5	75
Couvreur, par Duhamel du Monceau.	4	50
Criblier, par Fougeroux.	2	
Cuirs dorés, par Fougeroux de Bondaroy.	2	50
Cuivre rouge converti en cuivre jaune, par Gallon.	8	
Distillateur des eaux-fortes, par Demachy.	12	
Distillateur liquoriste, par le même.	12	
Drapier, par Duhamel.	11	
Epinglier, par Réaumur et Duhamel *.	9	

Etoffes de soie (Fabrique des), par Paulet, sections 1 et 2, (dévidage de soies teintes, et ourdissage des chaînes).	fr. 24	
Idem. Sections 3 et 4; étoffes unies, rayées et façonnées.	9	
Idem. Section 5 (l'Art du rémisseur).	8	
Idem. Section 6, (l'Art de peigner).	20	
Etoffes de laine, (l'Art de préparer et d'imprimer les) suivi de l'art de fabriquer les pannes ou pluches, les velours, façon d'Utrecht, et les moquettes, par le même.	6	
Fer, (Forges et fourneaux à) par Courtivron et Bouchu, sections 1 et 2 *.	10	
Idem. Section 3 *.	15	
Idem. Section 4. Traité du fer, par Swedembourg, traduit par les mêmes.	10	
Fer fondu, (l'Art d'adoucir le) par Réaumur.	8	
Fil de fer ou d'archal, par Duhamel du Monceau.	5	
Hongroyeur, par Lalande.	5	
Indigotier, par Beauvais de Raseau.	8	
Instrumens d'astronomie, par Le Monnier.	11	
Layetier, (l'Art du) par Roubo.	6	
Lingère, par Garsault.	4	
Maçon, (l'Art du) par Lucotte.	12	
Mégissier, par le même.	4	
Menuisier, par Roubo, partie I, (menuiserie dormante).	21	
Idem. Partie II, (menuiserie dormante) celle des églises, l'art du trait.	50	
Idem. Partie III, section 1, (Carrossier).	21	
Idem. Partie III, section 2, (Meubles).	21	
Idem. Partie III, section 3, (Ebéniste).	24	
Idem. Partie III, section 4, (Treillageur) fin de l'ouvrage.	28	
Meûnier, Vermicelier, Boulanger, par Malouin.	15	
Orgues, par dom Bedos, Partie I.	24	
Idem. Parties II et III.	24	
Parcheminier, par le même.	6	
Paumier et Raquetier, par Garsault.	4	
Peinture sur verre, et Vitrier, par Viel.	14	
Perruquier, Baigneur-étuviste, par Garsault *.	6	
Pipes à tabac, par Duhamel.	5	
Plombier-fontainier, par M *.	18	
Porcelaines, (Art de faire les) par de Milly.	8	
Potier de terre, par Duhamel.	9	
Potier d'étain, par Salmon.	24	
Raffinage du sucre, par Duhamel.	7	
Ratine des étoffes de laine, par Duhamel.	2	
Relieur, par Dudin.	9	
Savonier, par Duhamel.	5	
Serrurier, par le même.	24	
Tailleur, par Garsault.	7	50
Tanneur, par Lalande.	7	50
Tapis de la Savonnerie, par Duhamel *.	6	
Teinture en soie, par Macquer *	15	
Tonnelier, par Fougeroux de Bondaroy.	3	
Tourneur, par Hulot (Partie I).	24	
Tuilier et Briquetier, par Duhamel, Fourcroy et Gallon.	5	
Vaisseaux, (Mâture des) par Romm.	12	50
Vaisseaux, (Voilure des) par Romm.	9	

Fig. 3.

Fig. 5

Fig. 4.

Fig. 16.

Fig.

Fig. 13.

Fig. 12.

Fig. 15.

E F

A B

C D

G H

Fig. 14.

E F

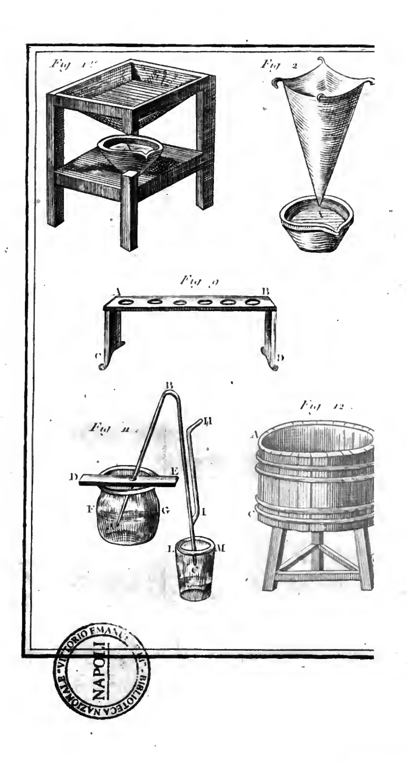
A B

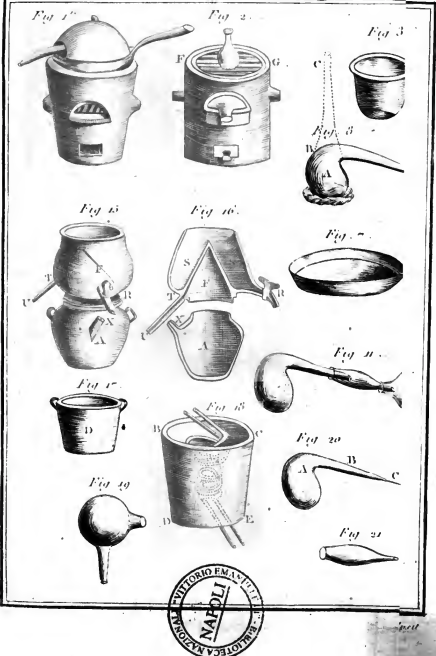
C D

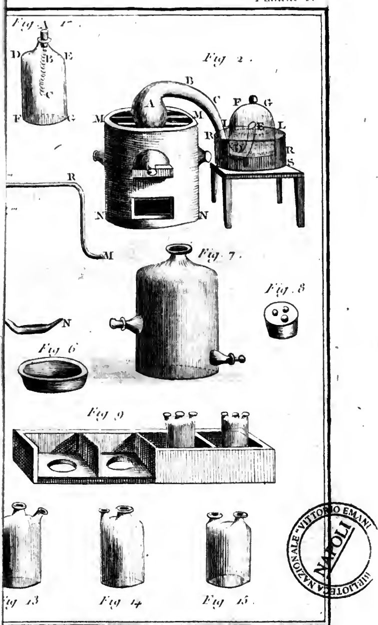
G H

Fig. 11.

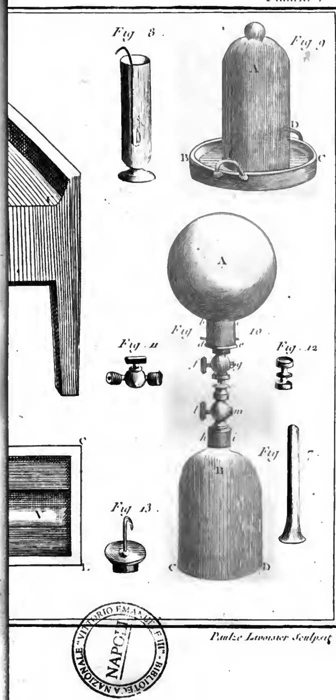
Fig. 10


Fig 2
A
B
C
D
Fig 12
A
C
B
H
D
E
F
G
I
L
M
C

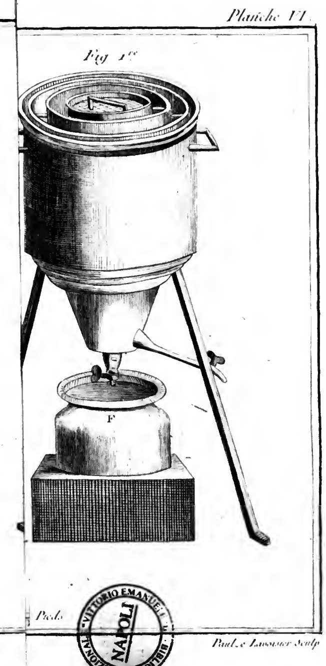

Fig 1.
Fig 2.
F
G
Fig 3
C
Fig 8
B
A
Fig 15
Fig 16.
Fig 7.
T
F
R
X
A
S
Fig 11.
Fig 17.
D
Fig 18
B
C
Fig 20
A
B
C
Fig 19
D
E
Fig 21



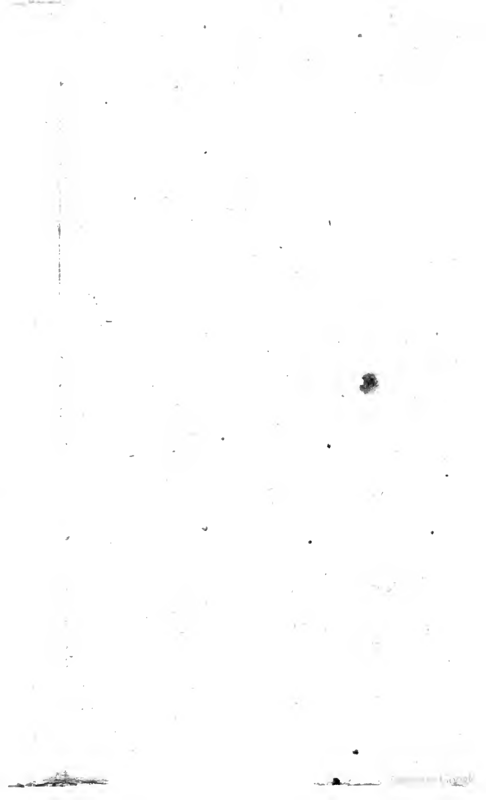
Paulze Lavoisier Sculp.

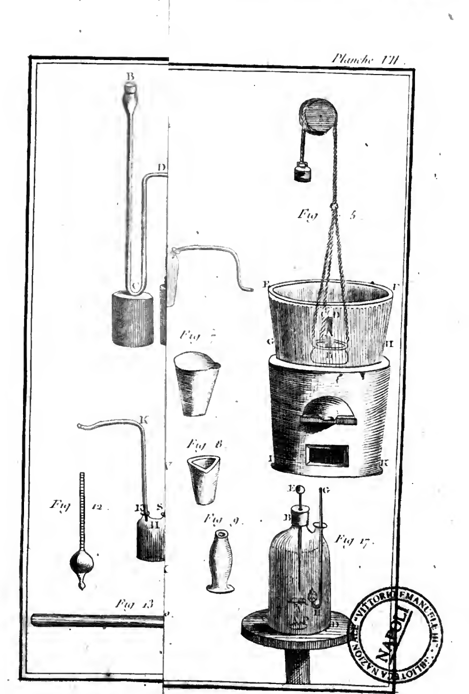


Paulze Lavoisier Sculpsit

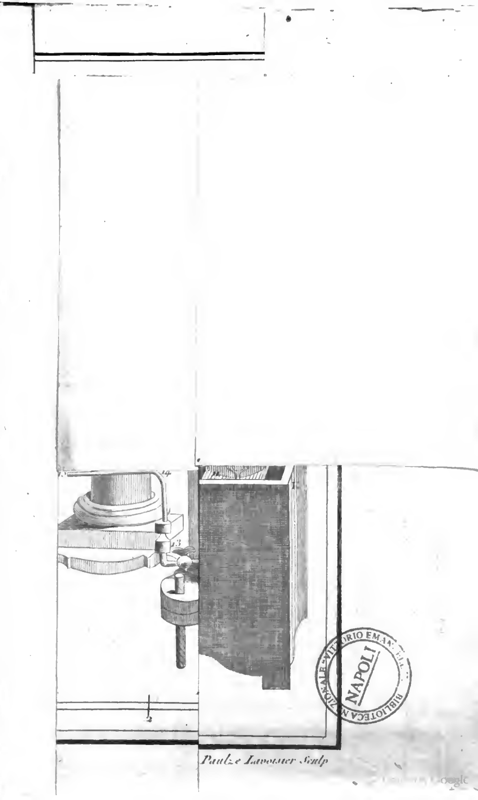


Paul. e Lavoisier Sculp

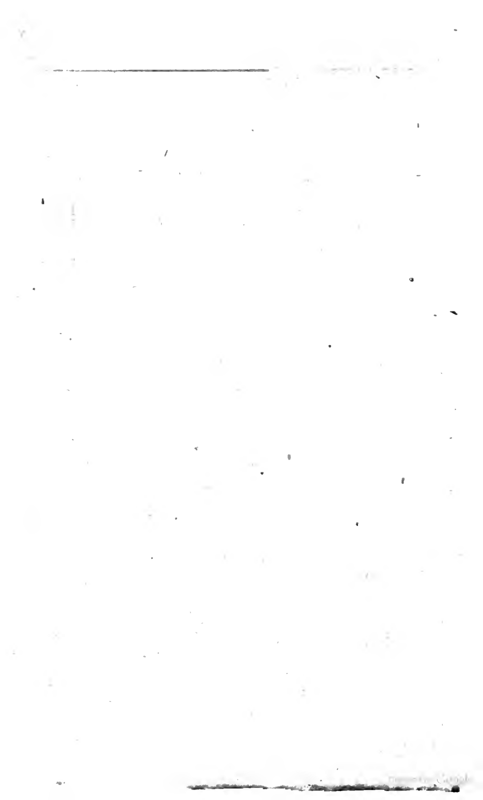


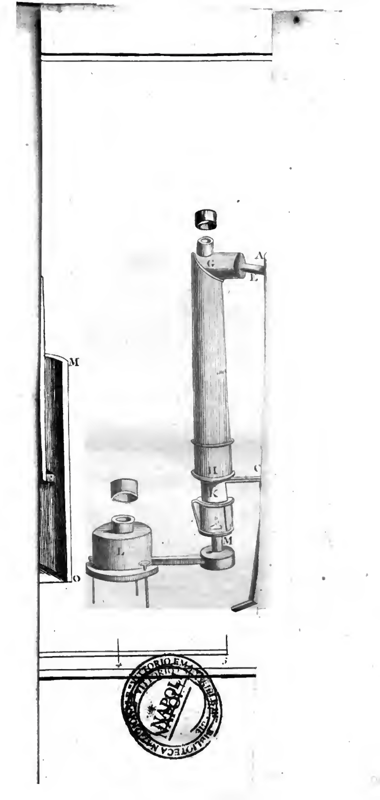


Paulze Lavoisier Sculp.



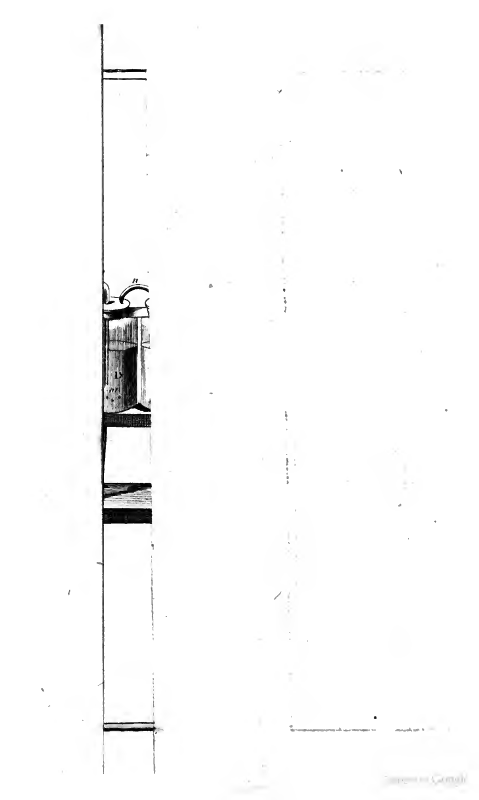
Paulze Lavoisier Sculp

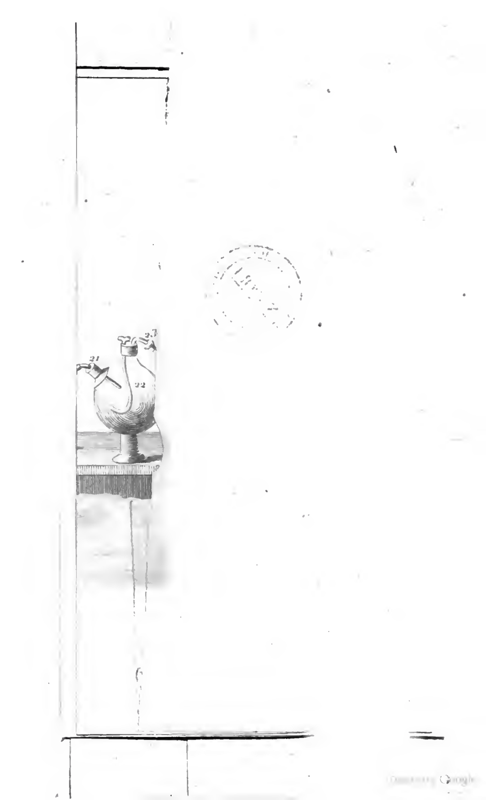




A
E
G
M
H
C
K
M
L
O






21
22
23



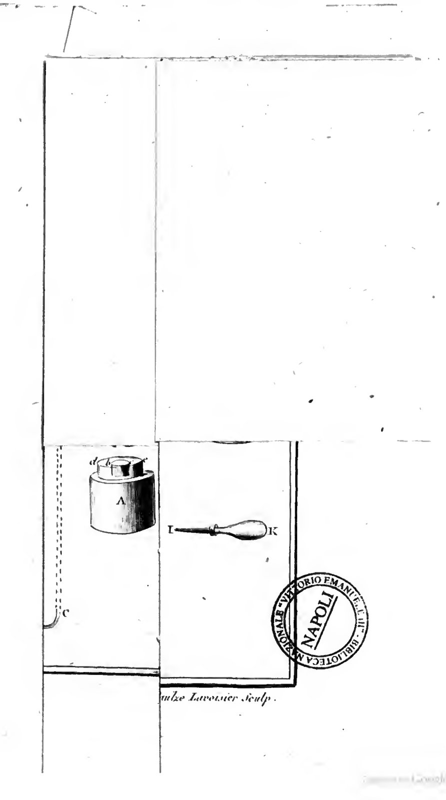
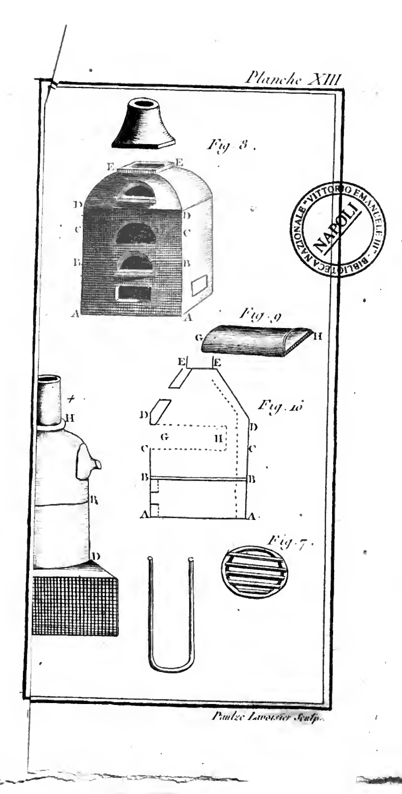

d
b
c
A
I
K
C
ulze Lavoisier Sculp.

Planche XIII



Paulze Lavoisier Sculp.

